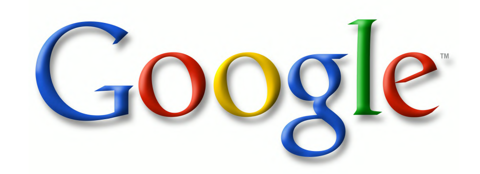
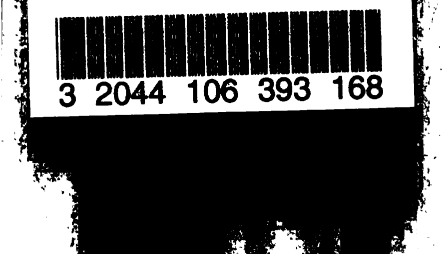





3 2044 106 393 168


HARVARDIANA
ET
VE
RI
TAS
IN·NOV·ANG
ECCLESIAE
CHRISTO
ACADEMIA


Digitized by Google

LES MICROBES

ET LEUR ROLE DANS LA LAITERIE

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES

LES

MICROBES

ET LEUR ROLE DANS LA LAITERIE

**Précis succinct de bactériologie
à l'usage des élèves des Écoles de laiterie,
des fromagers et des agriculteurs**

PAR

Ed. de FREUDENREICH

Directeur du laboratoire bactériologique de l'École de laiterie de la Rütti à Berne

---

AVEC 2 FIGURES DANS LE TEXTE

PARIS

GEORGES CARRÉ, ÉDITEUR

3, RUE RACINE, 3

—

1894

PRÉFACE

Le but de ce petit livre est avant tout de donner aux élèves des écoles de laiterie un court aperçu de la bactériologie et de ses applications à la laiterie. On a déjà publié, il est vrai, de nombreux et excellents ouvrages sur cette matière, ainsi celui de Duclaux en français (*Principes de laiterie*) et ceux de Scholl et de Kramer en allemand. Mais ces livres s'adressent plutôt à ceux qui veulent eux-mêmes faire de la bactériologie et ils sont presque trop savants et trop étendus pour de futurs fromagers ou laitiers. Ces derniers n'ont besoin — et c'est d'après ce principe que je donne mon enseignement à l'école de laiterie de la Rütti — que de notions générales en matière de bactériologie et de se

familiariser avec les applications de cette science nouvelle à l'industrie du lait. Pour ce motif, je n'ai touché à la partie générale de la bactériologie (méthodes de culture et de coloration, morphologie) qu'en tant que cela était absolument nécessaire pour la compréhension de la partie spéciale (microbes du lait) et j'ai cherché, en général, à rendre cet opuscule aussi bref et aussi élémentaire que possible. Ceci, joint à son prix modique, lui permettra, je l'espère, de trouver également accès auprès des fromagers et des agriculteurs qui n'ont pas eu l'occasion, lors de leurs études antérieures, d'acquérir quelques notions de bactériologie.

LES MICROBES

ET LEUR ROLE DANS LA LAITERIE

PARTIE GÉNÉRALE

Introduction

Depuis quelques années, la théorie des fermentations, des maladies infectieuses et autres processus analogues a subi des modifications profondes. Tandis qu'on y voyait autrefois uniquement des phénomènes chimiques (théorie de la fermentation de Liebig, théorie humorale, etc.), les récents travaux de Pasteur, Koch et d'autres encore ont montré qu'on doit chercher leur origine dans l'activité d'organismes microscopiques ou microorganismes. Ces deux théories, si opposées en apparence, semblent, il est vrai, se rapprocher un peu depuis que l'on a constaté que l'action de ces microorganismes est attribuable à la production de ferments chimiques que l'on appelle diastases

ou enzymes. Les modifications apportées par les microorganismes à la matière vivante ou morte seraient ainsi dues, en dernier lieu, à une action chimique ; mais la cause première de celle-ci résiderait dans l'action vitale des microorganismes. Les nouvelles théories sont aussi d'une grande importance pour la laiterie, car, ainsi que nous le verrons, les fermentations et les modifications que subissent le lait et ses produits, telles que la fermentation lactique, de nombreuses maladies du lait, la maturation et certaines maladies du fromage, sont le résultat de l'action de divers microorganismes. Ce nouveau champ d'étude, ouvert depuis peu, n'est encore toutefois qu'imparfaitement exploré et bien des questions qui s'y rattachent attendent toujours leur solution ; mais les résultats obtenus jusqu'ici ont déjà tant d'importance qu'il est devenu, pour ceux qui se livrent à l'étude et à la fabrication des produits de laiterie, une nécessité absolue d'avoir au moins quelques notions de cette science nouvelle pouvant leur enseigner à les traiter d'une manière rationnelle.

Les microorganismes, dénomination sous laquelle on comprend les êtres microscopiques que notre œil ne peut percevoir qu'à l'aide de forts grossissements au moyen du microscope, se divisent

en de nombreuses espèces. Leurs principaux représentants sont: les *microbes* ou *bactéries*, dont nous aurons principalement à nous occuper; les *levures*, qui jouent le rôle principal dans la fermentation du vin et de la bière, et les *mucédinées* ou *moisissures*. Avant d'étudier les microorganismes et spécialement les microbes qui jouent un rôle dans la laiterie et ses produits, nous devons, toutefois, les considérer d'une manière générale et apprendre à connaître leur structure, leurs fonctions et les méthodes qui servent à leur étude.

Historique

Sous le nom de microbes ou bactéries, la classe principale des microorganismes, on comprend aujourd'hui des *organismes végétaux unicellulaires et microscopiques*. Le mérite de les avoir vus le premier et d'avoir ainsi découvert un monde nouveau appartient à *Leuwenhoek*. Simple particulier vivant, il y a trois cents ans environ, à *Delft* (Hollande), celui-ci s'était construit un microscope à l'aide duquel il examinait les substances les plus diverses. Au grand étonnement du monde savant de son siècle, il fit voir au moyen de cet instrument

des organismes vivants, inconnus jusqu'ici, dans des liquides putréfiés, dans la salive, etc. Il en fit même des dessins si fidèles que l'on y retrouve parfaitement aujourd'hui nos microbes.

Mais, à cette époque, les méthodes de culture actuelles étaient complètement inconnues ; aussi resta-t-on longtemps dans l'incertitude au sujet de la nature de ces organismes : on les tenait, en général, pour des animalcules. Jusqu'en 1830, leur connaissance fit peu de progrès et ce n'est guère qu'alors que le naturaliste *Ehrenberg* reprit leur étude à l'aide d'instruments optiques perfectionnés. Ses descriptions ont encore de la valeur aujourd'hui ; mais l'absence de méthodes de cultures l'empêcha aussi de reconnaître la véritable nature de ces organismes, qu'il classa également parmi les infusoires. Quelques années plus tard, *Ferdinand Cohn* apporta quelque lumière dans ces questions. Il montra, en effet, que les bactéries sont de vraies cellules végétales, qu'elles croissent et se divisent comme celles-ci, que leur structure est la même et qu'elles se rattachent, par une série d'individus intermédiaires, à la famille plus élevée des algues. Il appartenait à *Pasteur* de couronner l'édifice en nous apprenant à cultiver ces organismes et à en faire ce qu'on appelle des cultures pures, qui

seules permettent une étude plus approfondie des microbes.

Mais, avant de nous occuper des bactéries en général et d'étudier les résultats fournis par ces nouvelles méthodes, voyons d'abord d'où nous viennent les microbes. A cette question se rattache une longue discussion scientifique qui commença déjà au XVIIIe siècle et qui a eu des conséquences importantes pour la Science. En effet, tandis que les uns voyaient dans ces bactéries des produits de décomposition de la matière organisée et une simple transformation de cette dernière, d'autres pensaient qu'elles devaient leur origine à des germes préexistants. La première opinion a reçu le nom d'*hétérogenèse*[1], ou *génération spontanée;* la seconde, celui d'*homogenèse*[2] ou *panspermie*. Parmi les défenseurs de l'hétérogenèse, on trouve en première ligne *Needham* (1747). Partant de l'idée qu'une simple ébullition suffisait pour détruire toute vie organisée, il faisait cuire du jus de viande et, le voyant se putréfier plus tard, il en concluait qu'il avait donné naissance aux bactéries qui y pullulaient. *Spallanzani* (1777), en revanche, mon-

[1] Mot grec disant : « Provenance de quelque chose d'autre. »
[2] Mot grec disant : « Provenance de quelque chose de semblable. »

tra qu'une simple ébullition ne suffit pas toujours pour détruire tous les germes vivants et qu'en cuisant des liquides longtemps et plusieurs fois de suite et en les tenant à l'abri des germes qui se trouvent dans l'air, on arrive parfaitement à les protéger contre la putréfaction. La discussion dura cependant encore de longues années jusqu'à ce que Pasteur eût démontré d'une façon irréfutable que les germes toujours présents dans l'air sont les agents de la putréfaction ; il montra, en effet, que lorsqu'on recueille du sang, du lait, de l'urine, etc., de façon à ce qu'ils ne soient pas souillés par ces germes et qu'on les conserve dans des vases purs de germes, c'est-à-dire stériles et à l'abri des germes de l'air, ces liquides restent indéfiniment inaltérés. Cette discussion théorique n'est pas sans conséquences pratiques de grande importance et c'est pourquoi nous nous y sommes arrêtés quelque temps. En effet, si les hétérogénistes étaient dans le vrai, à quoi nous servirait-il de combattre les microbes nuisibles, puisqu'il s'en formerait constamment de nouveaux. S'il est juste, par contre, et ceci est heureusement le cas, que les microbes ne surgissent que là où leurs germes existaient déjà, il suffit d'écarter ceux-ci pour empêcher leur invasion.

Morphologie et physiologie des bactéries

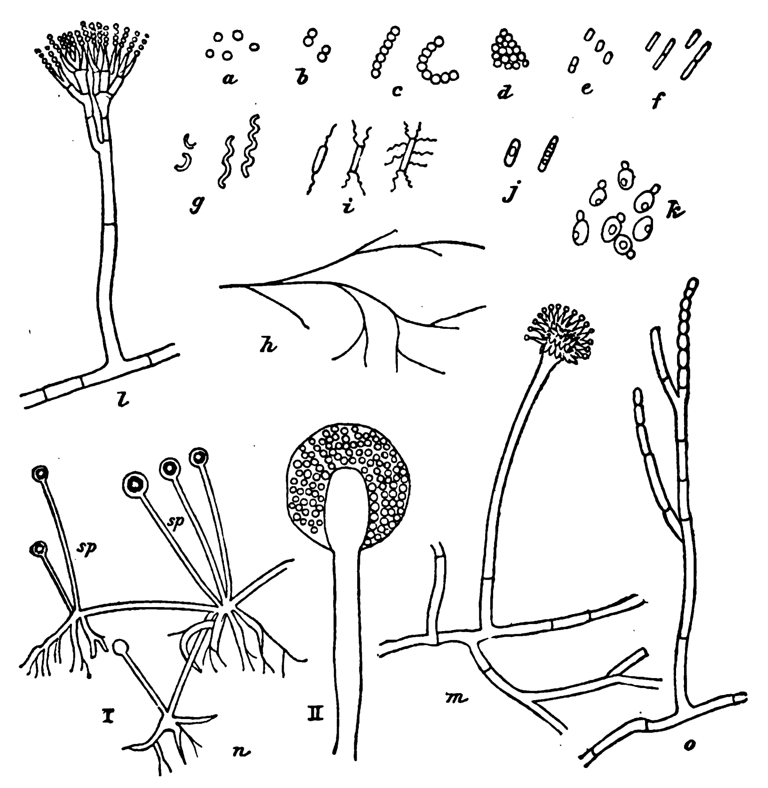
1. Définition. — Nous avons déjà vu que les bactéries sont des organismes végétaux unicellulaires, visibles seulement à l'aide du microscope. Il est difficile, il est vrai, de tracer une limite bien définie quand on arrive aux derniers échelons des êtres vivants et il n'est pas impossible que les savants futurs leur assignent de nouveau, comme les premiers observateurs qui s'en sont occupés, une place parmi les organismes animaux. Aujourd'hui, toutefois, on admet généralement leur nature végétale. Les bactéries sont comprises dans la classe des algues, mais n'ont pas, le plus souvent, de chlorophylle.

2. Structure. — Les bactéries se composent d'une partie interne, faite de *protoplasme*, recouverte d'une *membrane*. Celle-ci consiste, pense-t-on, en une substance analogue à la cellulose. Cette membrane se gonfle dans certaines espèces comme de la gélatine; on dit alors que le corps de la bactérie est entouré d'une *capsule*. On n'a pas encore constaté avec certitude l'existence d'un *noyau* dans l'intérieur du protoplasme bactérien, mais bien des raisons la rendent probable. Ce sont

des questions qu'il n'est pas facile de résoudre vu la petitesse de l'objet.

3. Forme. — Les formes des bactéries sont très variées. Souvent elles sont rondes. On les appelle alors *coccus* ou *micrococcus*, *microcoques* (fig. 1, *a*). Quand les microcoques sont habituellement en groupes de deux individus, on parle de *diplocoques* (fig. 1, *b*). En forme de chaînettes, ils se nomment *streptocoques* (fig. 1, *c*). En groupes de plusieurs individus qui les font ressembler à une grappe de raisins, *staphylocoques* (fig. 1, *d*). D'autres espèces bactériennes ont la forme de bâtonnets. Les bâtonnets très courts s'appellent *bactériums* (fig. 1, *e*) ; plus allongés, ils portent le nom de *bacilles* (fig. 1, *f*). Quand ils forment de longs filaments, ils deviennent des *leptothrix*. Les bacilles ne sont pas toujours tout à fait droits, mais quelquefois recourbés ou en forme de tire-bouchons. On parle alors de *bacilles courbes ou virgules* (par exemple, le bacille virgule du choléra) et de *spirilles* (fig. 1, *g*). D'autres espèces, les *cladothrix*, présentent des ramifications (fig. 1, *h*).

On se tromperait, toutefois, en voyant dans ces formes diverses quelque chose d'absolument constant dont on pourrait faire un caractère immuable des diverses espèces bactériennes. Souvent, au



a. Micrococques. — *b*. Diplocoques. — *c*. Streptocoques. — *d*. Staphylocoques. — *e*. Bactériums. — *f*. Bacilles. — *g*. Bacilles-virgules et spirilles. — *h*. Cladothrix. — *i*. Bacilles avec flagella. — *j*. Bacilles avec spores. — *k*. Levures. — *l*. *Penicillium glaucum*. — *m* *Aspergillus*, mycélium et hyphe conidifère. — *n*. *Mucor* (*stolonifer*). I. mycélium avec sporanges, II. Coupe longitudinale à travers un sporange dans lequel les spores sont déjà formées (fort grossissement). — *o*. *Oïdium lactis*.

contraire, la même bactérie revêt, à diverses phases de son existence, des formes différentes. Ainsi, certains microbes qui, quand ils sont jeunes, ont la forme de microcoques, s'allongent plus tard et deviennent des bacilles. Cependant, une forme reste généralement privilégiée, en sorte que ces différences de forme peuvent bien, dans certaines limites, servir à la classification des bactéries, ainsi que nous le verrons tout à l'heure.

4. Mobilité. — Parmi les bactéries, les unes sont immobiles, tandis que les autres peuvent exécuter des mouvements volontaires. Elles sont munies pour cela de *flagella* (fig. 1, *i*). Ces mouvements sont rapides ou lents.

5. Dimensions. — Ainsi que nous l'avons déjà dit, les bactéries sont tellement petites que l'on ne peut les percevoir à l'œil nu. Comme unité de mesure on emploie le « micron » (μ) [1], équivalent à la millième partie d'un millimètre. La plupart des microbes ont une longueur de 1 à quelques microns au plus. Un millimètre cube peut donc contenir environ un milliard de bactéries.

6. Multiplication. — Comme tous les êtres vivants les microbes se multiplient aussi. Ceci a

[1] μ, lettre de l'alphabet grec, = m.

lieu généralement dans cette classe d'organismes par *scissiparité*, c'est-à-dire que la bactérie se divise en deux parties dont chacune continue sa vie propre et se divise plus tard, à son tour, en deux moitiés, etc. Lorsqu'on observe cette division sous le microscope, on voit le microcoque ou le bacille s'allonger un peu, s'étrangler dans le milieu et finir par se scinder en deux. C'est pourquoi on a aussi appelé les bactéries *schizophytes*. Cohn dit ce qui suit au sujet de la rapidité de la multiplication des microbes : « Admettons qu'une bactérie se scinde en deux en une heure, ces deux en quatre également en une heure, en trois heures, en huit, et ainsi de suite : leur nombre sera après vingt-quatre heures déjà de plus de 16 1/2 millions. Après deux jours, ce chiffre s'élèverait à 47 trillions ; après une semaine, leur quantité ne s'exprimerait que par un nombre de cinquante et un chiffres. Après vingt-quatre heures, les bactéries issues d'un seul individu rempliraient la quarantième partie d'un millimètre cube ; à la fin du jour suivant, déjà 442 centimètres cubes, et en moins de cinq jours la mer entière, c'est-à-dire environ 958 millions de mètres cubes. D'après Cohn également, un bacille pèserait environ 0,000,000,001,571 milligramme ; 636 milliards de bactéries, 1 gramme ; 636,000 mil-

liards, 1 kilogramme. Après vingt-quatre heures, le poids des descendants d'un seul bacille serait de 1/40 de milligramme; après deux jours, de 1/2 kilogramme; après trois jours, de 7 1/2 millions de kilogrammes. »

Il est clair que ces calculs sont seulement hypothétiques et qu'ils ne pourraient se réaliser que si rien n'entravait la multiplication rapide des microbes. Il n'en est rien, heureusement, attendu que le manque de nourriture et d'autres causes font obstacle à une telle multiplication. Ces chiffres donnent, cependant, des exemples frappants de l'énergie vitale de ces organismes microscopiques. Nous verrons aussi plus tard combien leur multiplication est rapide et énorme dans le lait.

Quelques espèces, ainsi les cladothrix, ne se divisent pas, mais croissent en longueur et produisent des filaments ramifiés. Certains micrococques ne se divisent pas non plus dans un seul sens, ce qui donne lieu à la production de diplocoques et de streptocoques, mais dans trois directions à la fois; ils ne forment alors pas de simples chaînes, mais des amas de microcoques qui ont l'apparence d'un ballot; on les appelle *sarcines*.

Un autre mode de multiplication est la formation de *spores*. Cependant, toutes les bactéries n'en

produisent pas, mais seulement certaines espèces. On divise les spores en *spores endogènes* et *arthrospores*.

a. Spores endogènes. — Dans certaines conditions, on voit chez divers bacilles le protoplasme se contracter en quelques endroits et former un ou deux corps réfringents qui sont des spores (fig. 1, *j*). L'enveloppe du bacille se désagrège, les spores deviennent libres et germent plus tard.

b. Arthrospores. — Dans d'autres cas, la spore ne se forme pas à l'intérieur, mais une cellule entière se transforme en spore, capable de germer.

Les spores sont beaucoup plus durables et plus résistantes que les bactéries qui les produisent.

Germination des spores. — Avant la germination, la spore s'allonge, son contenu perd sa réfringence, la membrane de la spore éclate et un bacille en sort. Certaines circonstances favorisent la formation des spores, ainsi la température et la présence de l'oxygène ; il semble aussi que beaucoup de microbes cherchent, quand la nourriture leur fait défaut, à assurer leur reproduction par la formation de spores.

7. Classification. — Une classification exacte des microbes est chose difficile, car ces infiniment

petits ne sont, au fond, encore qu'imparfaitement connus et chaque jour amène la découverte de nouvelles espèces. En se basant sur leurs formes et sur leurs caractères biologiques, tels que la formation des spores et leurs états végétatifs, on peut toutefois essayer d'établir quelques groupes principaux.

Une des meilleures classifications est peut-être celle qu'a proposée Hueppe :

I. COCCACÉES. — Bactéries en forme de micro-coques, avec les familles suivantes :

1. Microcoques proprement dits ;
2. Sarcines ;
3. Streptocoques ;

II. BACTÉRIACÉES. — A l'état végétatif bâtonnets pouvant aussi former des chaînes et des filaments. Ce groupe contient les familles suivantes :

1. Bactériums, sans endospores ou avec arthrospores ;
2. Bacilles avec endospores [1] ;
3. Spirobactéries (formes recourbées et spirilles).

III. LEPTOTRICHÉES. — Bâtonnets et longs filaments chez lesquels la base et la pointe ne sont

[1] Il existe cependant des bacilles chez lesquels on n'a pas observé de spores.

pas de dimensions égales ; leur base est plus étroite que la pointe.

IV. Cladotrichées. — Formes avec filaments ramifiés.

8. Conditions d'existence. — Pour pouvoir vivre et se multiplier les microbes doivent, comme tous les êtres vivants, se trouver dans certaines conditions.

a). Ils ont besoin, en premier lieu, d'une température qui leur soit favorable. Celle-ci varie suivant les espèces bactériennes ; en général, ils préfèrent une température qui ne soit pas au-dessous de 15 degrés ni au-dessus de 40 degrés : 30 à 35 degrés environ. Cependant, certaines bactéries sont encore susceptibles de se multiplier à 0 degré et d'autres même à 60 et 70 degrés (espèces thermophiles étudiées par Miquel et Globig).

b). *Oxygène*. — Une grande partie des bactéries a besoin d'oxygène pour vivre ; on les appelle microbes *aérobies ;* pour d'autres, l'oxygène est, au contraire, un poison et elles ne se développent qu'en son absence : microbes *anaérobies*. Cette façon de se comporter à l'égard de l'oxygène peut être absolue ou relative et l'on parle d'aérobies et d'anaérobies *obligés* et d'aérobies et d'anaérobies *facultatifs*. Ainsi, par exemple, les bacilles du

tétanos et du charbon symptomatique ne peuvent vivre qu'en l'absence totale d'oxygène ; ce sont des microbes anaérobies obligés. D'autres, comme le bacille du charbon, sont aérobies, mais peuvent aussi vivre pendant quelque temps sans oxygène ; ce sont des microbes aérobies facultatifs.

c). *Nutrition.* — Comme tous les êtres vivants, les microbes doivent se nourrir pour pouvoir vivre et se multiplier. La nourriture leur est fournie par le carbone et les matières azotées. N'ayant pas de chlorophylle, ils ne peuvent extraire le carbone dont ils ont besoin de l'acide carbonique et ils sont forcés de recourir à des combinaisons déjà existantes de ce corps. Ils trouvent leur azote dans les substances organiques (matières albuminoïdes) ainsi que dans des corps inorganiques (acide nitrique et composés ammoniacaux).

9. Saprophytes et parasites, microbes pathogènes. — Les microbes tirent leur nourriture de substances privées de vie ou d'organismes vivants. Dans le premier cas, on les appelle *saprophytes*, dans le second, *parasites*. Ces derniers ont donc besoin d'un être vivant aux dépens duquel ils vivent en parasites ; lorsqu'ils ne peuvent vivre que sur celui-ci, on parle de parasites *obligés*, et de parasites *facultatifs* quand ils

peuvent aussi, en dehors de cet organisme vivant, vivre sur un *substratum* inanimé (matières mortes). Les saprophytes vivent sur des substances inanimées, d'origine organique, et se divisent également en saprophytes facultatifs et obligés. Les microbes dits *pathogènes*, c'est-à-dire ceux qui sont la cause de diverses maladies, appartiennent donc aux parasites, puisqu'ils vivent et se multiplient dans un organisme vivant. Ils forment un des chapitres les plus intéressants de la bactériologie à cause du rôle qu'ils jouent dans la production des maladies, surtout des maladies infectieuses. Autrefois, on savait bien que ces maladies se répandaient au moyen d'un contage transmissible, comme, par exemple, le choléra, le typhus, le charbon, etc. ; mais on était dans une ignorance complète au sujet de la nature de l'agent contagieux. Il nous est impossible d'énumérer ici toutes les maladies causées par des microbes et d'exposer d'une façon détaillée comment on est arrivé à ces résultats. Il suffira d'un exemple pour montrer par quelles voies on y est parvenu. Les agriculteurs connaissent et redoutent le charbon, ce mal perfide qui attaque les bœufs et les moutons et emporte souvent en peu de temps des troupeaux entiers. En 1849 déjà, Pollender, examinant au microscope le sang d'ani-

maux morts du charbon, y avait vu de petits bâtonnets. Brauell arriva au même résultat. Davaine, un savant français, démontra alors, en 1863, que ces bâtonnets étaient la cause de cette maladie, attendu que le sang, débarrassé de ces bâtonnets par filtration sur filtres de porcelaine, ne transmettait plus la maladie, tandis qu'une goutte de sang qui en contient suffit, inoculée sous la peau d'un animal pour lui donner le charbon. Pasteur, enfin, réussit à les cultiver en dehors de l'organisme vivant — nous parlerons un peu plus loin des méthodes de culture — et à transmettre la maladie par les cultures artificielles aussi bien que par le sang. La preuve de la spécificité de ces bactéries et de leur rôle dans la production du charbon était faite.

On a, d'une manière analogue, trouvé dans une foule d'autres maladies des bactéries et fourni la preuve qu'elles en sont la cause. En voici quelques-unes : l'œdème malin, la tuberculose (phtisie), la lèpre, la morve, le choléra asiatique, le typhus, la pneumonie, la diphtérie, l'érysipèle, les suppurations, les mammites, la septicémie des lapins, le choléra des poules, le rouget du porc, la péripneumonie du porc, le charbon symptomatique, le tétanos, la septicémie des souris, l'actinomycose, et d'autres maladies encore.

On sait maintenant que l'action nuisible de ces microbes pathogènes est due à des ptomaïnes ou ferments qu'ils produisent dans l'organisme. Mais ils peuvent aussi agir mécaniquement quand ils se multiplient beaucoup dans les organes et qu'ils obstruent les artères ou qu'ils enlèvent trop de matières nutritives au sang et aux organes. Il est possible de modifier aussi les propriétés de ces bactéries pathogènes qui d'habitude provoquent des maladies et la mort, de telle façon qu'elles confèrent, au contraire, une protection contre les mêmes maladies. Ainsi, lorsqu'on cultive le bacille du charbon à une température plus élevée, il cesse de provoquer un charbon mortel et ne produit plus qu'une maladie légère, qui, une fois surmontée, donne une immunité parfaite à l'égard des bacilles charbonneux les plus virulents. Cette découverte, due au célèbre Pasteur, a posé les bases des différents procédés de vaccination qui joueront certainement un rôle toujours plus important dans la lutte contre les maladies infectieuses. Les procédés employés aujourd'hui pour conférer l'immunité varient suivant les maladies (charbon symptomatique, rouget des porcs, etc.), et l'espace nous manque pour les exposer en détail. Nous devons ici nous contenter d'avoir relevé leur importance.

Les *saprophytes* sont les agents des fermentations et des putréfactions, processus qui constituent leur domaine spécial. Ils se rendent utiles de cette manière à l'homme en provoquant des fermentations nécessaires (fermentation lactique, maturation du fromage, etc.), ou bien en le débarrassant des corps morts par la putréfaction qui les transforme en produits simples et les fait rentrer dans la circulation de la nature.

10. FONCTIONS DIVERSES DES BACTÉRIES. — Parmi les autres fonctions susceptibles d'être exercées par les microbes nous citerons encore : la production de pigments (matières colorantes), de gaz et d'odeurs diverses, de lumière (bactéries phosphorescentes, etc.). Tous ces effets reposent sur ce que les microbes produisent, au moyen des ferments (diastases ou enzymes) qu'ils fabriquent, des modifications chimiques très compliquées dans les substances sur lesquelles ils vivent.

11. RÉSISTANCE AUX AGENTS EXTÉRIEURS. — De même que les autres organismes vivants, les microbes sont soumis à l'action des agents extérieurs qui les entourent. En général, leur résistance à leur égard estconsidérable, surtout quand ils ont des spores.

A l'égard de la *chaleur*, il y a une différence à

faire entre la chaleur sèche et la chaleur humide. Les spores peuvent très bien supporter pendant une heure une chaleur sèche de 130 degrés. Pour débarrasser sûrement un objet de tous les germes qui y adhèrent, le *stériliser* comme l'on dit, il faut laisser agir pendant une demi-heure une température de 160 à 180 degrés. La chaleur humide vaut mieux encore. Les bactéries adultes sans spores sont pour la plupart tuées à 60 ou 70 degrés. Quelques spores sont anéanties par une simple ébullition; mais il en est de très résistantes qui supportent pendant quelques instants des températures de 110 à 115 degrés. Pour stériliser les liquides de culture dont nous parlerons tout à l'heure, il faut les porter pendant un quart d'heure à 115 degrés, ce qui n'est naturellement possible que dans des appareils spéciaux travaillant sous pression ; on les appelle autoclaves. Sous le nom de *stérilisation fractionnée*, on désigne un procédé qui a pour but de stériliser les liquides nutritifs par un chauffage pratiqué à une température allant de 60 à 70 degrés, mais répété quelques jours de suite. Par le premier chauffage on tue les bactéries adultes, mais non les spores ; celles-ci germent en partie, surtout si le liquide n'est pas tenu à une température trop basse et le chauffage du lendemain tue les

nouvelles bactéries adultes issues de ces spores, et ainsi de suite jusqu'à ce que toutes les spores aient germé et que les bactéries auxquelles elles ont donné naissance aient été tuées. On emploie ce procédé pour stériliser les liquides qui ne supportent pas sans être altérés des températures trop élevées. Mais, comme l'a montré Miquel, ce procédé ne donne pas de résultats sûrs, vu que plusieurs sortes de spores ne germent qu'après bien des jours et même plusieurs semaines. On risque donc de voir ces spores germer dans la suite et peupler les liquides de culture que l'on croyait stériles.

A l'égard du *froid*, la résistance des microbes est extrême. Bien des bactéries, probablement parce qu'elles ont des spores, peuvent supporter pendant vingt heures une température de — 130 degrés, température que l'on ne rencontre pas dans la nature et qui ne s'obtient qu'artificiellement.

Les microbes supportent aussi assez bien la *dessiccation*, surtout les spores. Certaines espèces y sont, au contraire, très sensibles et meurent rapidement quand elles sont desséchées, comme, par exemple, le bacille du choléra.

La *lumière* paraît avoir une influence néfaste sur les bactéries, surtout la lumière directe du

soleil. Ce fait vient à l'appui des hygiénistes qui réclament le plus de soleil possible.

Les bactéries résistent facilement à de *hautes pressions*. Certes a pu faire agir sur des cultures de charbon des pressions de 600 atmosphères dans l'air comprimé sans les tuer. Le Dr Schaffer et moi avons de même soumis, sans aucun résultat, diverses bactéries à des pressions de 90 atmosphères dans l'acide carbonique.

En ce qui concerne l'*électricité*, les résultats sont actuellement encore peu probants et même discordants. Il est toutefois possible que ce facteur, dont les applications se multiplient journellement, devienne plus tard l'un des agents les plus actifs de la destruction des bactéries.

Les *substances chimiques* nuisent aux bactéries en tant qu'elles sont des poisons du protoplasme vivant. C'est pourquoi le sublimé corrosif, l'acide phénique, la chaux, le sulfate de cuivre, le chlore, etc., tuent les bactéries. Ces substances sont, pour ce motif, fréquemment employées comme désinfectants.

Les méthodes de la bactériologie

Le principal moyen d'étude des bactéries consiste dans leur culture en dehors des organismes vivants et des substances inanimées où elles vivent. Ce n'est que quand on eut trouvé le moyen de le faire que l'on put mieux étudier leurs formes et leurs fonctions. Une des tâches principales de la bactériologie est donc d'indiquer les moyens de faire des cultures. Aujourd'hui, ce problème est à peu près résolu, du moins dans la majeure partie des cas; et, de même que l'agriculteur sème des grains de blé ou plante des pommes de terre qui lui donneront plus tard une abondante récolte, le bactériologiste sème les microbes les plus divers sur des terrains de culture artificiels et en retire dans la suite une riche récolte. A l'exemple de l'agriculteur qui enlève d'abord de ses champs les mauvaises herbes pouvant par leur pullulation empêcher la croissance des graines semées, le bactériologiste commence aussi par détruire, dans ses terrains nutritifs, tous les germes étrangers, afin que les bactéries qu'il y sème puissent se développer librement. La composition de ces terrains et liqui-

des de culture peut varier beaucoup ; il faut naturellement qu'ils contiennent les substances nécessaires à la vie des bactéries, plus particulièrement du carbone et de l'azote. Les bouillons de viande, les pommes de terre, les décoctions de plantes, le lait, matières qui renferment, on le sait, ces corps chimiques, sont donc fréquemment employés dans ce but.

Le lait surtout, qui nous intéresse principalement ici, fournit aux bactéries un excellent milieu de culture. Rappelons sa composition :

Eau (moyenne)	87,5 0/0
Substance sèche (moyenne)	12,5 0/0

Cette dernière contient en moyenne:

Graisse	3,6 0/0	du lait.
Matières albuminoïdes (caséine, albumine et lactoprotéine)	3,3 0/0	—
Sucre de lait (lactose)	4,9 0/0	—
Cendres (sels)	0,7 0/0	—

La caséine, l'albumine et la lactoprotéine représentent les matières albuminoïdes (matières azotées) et sont, comme on le voit, en quantité suffisante. La lactose et la graisse fournissent aux bactéries leur carbone ; à ces substances viennent encore s'ajouter les parties constituantes des

cendres (potassium, sodium, calcium, magnésium, fer, acide phosphorique, acide sulfurique, chlore), qui servent également à la nutrition des bactéries. Toutes ces substances existent dans le lait à l'état naturel et sont, par conséquent, facilement assimilables ; ceci explique, en outre, pourquoi on trouve régulièrement dans le lait un nombre énorme de microbes variés. Aussi l'emploie-t-on beaucoup dans les laboratoires comme terrain de culture à cause de ses propriétés fertilisantes.

On répartit ces substances nutritives (lait, bouillon, etc.) dans des récipients appropriés (tubes à essai ou ballons de verre) et on les stérilise, ainsi qu'il a été dit plus haut, pour les priver de germes. Pour les protéger contre une infection par les germes toujours présents dans l'air, on les bouche avec de la ouate également stérilisée, qui laisse passer l'air, mais retient les microbes. Quand on veut cultiver des anaérobies, il faut chasser l'air ou le remplacer par un gaz inerte, de l'hydrogène ou de l'azote, par exemple.

La réaction des milieux nutritifs n'est pas indifférente, vu qu'une trop grande alcalinité ou une acidité trop prononcée ne sont pas supportées par les bactéries. En général, on neutralise les liquides de culture ; cependant, suivant l'espèce

que l'on veut cultiver, on varie la réaction dans certaines limites. Les milieux nutritifs une fois prêts, on y sème les bactéries que l'on veut étudier. On appelle cela un ensemencement ou une inoculation. Veut-on, par exemple, cultiver le charbon. On recueille avec une aiguille de platine que l'on a préalablement stérilisée en la passant dans la flamme d'un bec de Bunsen ou d'une lampe à esprit-de-vin, une gouttelette du sang d'un animal mort du charbon, sang qui contient le bacille spécifique, et on l'ensemence dans un ballon de bouillon. Il est clair que, pour empêcher la culture d'être souillée par des germes étrangers, cet ensemencement doit être pratiqué avec des précautions spéciales. Ainsi, on désinfecte, avec du sublimé à 1 p. 1000, la peau de l'animal, avant de l'ouvrir, et toutes ces opérations sont pratiquées avec des instruments parfaitement stériles. On tient le bouillon à une température appropriée et les bacilles ensemencés s'y multiplient abondamment. Il est facile alors de les étudier en portant une goutte du bouillon qui les contient sous le microscope. On appelle cela des cultures pures. Toutefois, il n'est pas toujours facile d'obtenir ces cultures à l'état de pureté. On a souvent affaire à un mélange de bactéries

variées, par exemple dans des liquides en fermentation ou en putréfaction, dans le lait, etc., et il faut commencer par les séparer. Dans ce but, on emploie des milieux de culture solides. En ajoutant de la gélatine ou de l'agar (plante japonaise) aux bouillons, on obtient des milieux nutritifs qui se prennent en gelée aux températures usitées pour la culture des bactéries (15 — 37 degrés). L'agar est employé pour les températures dépassant 22 degrés, la gélatine se liquéfiant au-dessus de cette dernière température. Pour séparer les espèces bactériennes contenues, par exemple, dans un échantillon d'eau ou de lait, on commence par fluidifier un de ces milieux gélatineux contenu dans un tube de verre à une température de 45 degrés environ (si l'on employait des températures plus élevées, les bactéries ensemencées risqueraient d'être tuées), on y ajoute une goutte ou moins encore du liquide à analyser, on agite pour bien répartir les germes et on verse cette gélatine (agar) dans un récipient à fond plat, stérilisé préalablement. En se refroidissant, la gélatine (agar) redevient solide et forme ce qu'on appelle une *culture sur plaque*. Quand on a lieu de supposer que le liquide à analyser est très riche en bactéries, on commence par le diluer

avec de l'eau stérilisée. Les bactéries contenues dans ces gelées se développent alors aux points où elles se trouvent et y forment ce qu'on nomme des *colonies*. Ces colonies ont des aspects variés suivant les bactéries dont elles se composent ; les unes liquéfient la gélatine, les autres non ; il y en a qui sont incolores, d'autres sont colorées quand elles sont formées par des microbes producteurs de pigments. Au moyen d'un fil de platine on enlève ces colonies et on les ensemence séparément dans des milieux nutritifs appropriés et l'on obtient ainsi des cultures pures des différentes espèces bactériennes que l'on voulait séparer. En comptant le nombre de colonies fournies par un centimètre cube ou une fraction de centimètre cube, on peut aussi calculer le chiffre des bactéries contenues dans un liquide donné.

Ces différentes cultures doivent être tenues à une température propice au développement des microbes. (Voir plus haut.) Pour cela on se sert d'étuves réglées à diverses températures, généralement 20 et 35 degrés.

Lorsqu'on a des cultures pures, on peut alors étudier les bactéries qui les constituent. En premier lieu, on les examine sous le microscope. Pour les étudier à l'état vivant, on met une goutte-

lette de la culture sur un couvre-objet (observation dans la goutte pendante, comme l'on dit, parce qu'on retourne le couvre-objet sur un porte-objet légèrement excavé). Les bactéries restent suspendues dans la gouttelette et on peut observer leurs mouvements, étudier leur structure, etc. D'autres fois, pour rendre ces détails morphologiques mieux visibles, on utilise l'affinité que possède le protoplasme bactérien à l'égard des couleurs d'aniline, pour les colorer. A cet effet, on étend une gouttelette de culture sur la surface d'un couvre-objet, on passe le couvre-objet rapidement à travers la flamme d'un bec de Bunsen pour fixer la préparation et on le plonge dans un bain colorant. Les bactéries ainsi colorées se voient bien plus distinctement et nettement qu'à l'état vivant (préparations colorées). Nous ne pouvons, toutefois, entrer ici dans de plus amples détails au sujet des méthodes de préparation et de coloration des bactéries ; mais elles constituent un chapitre important de la bactériologie.

Après cet examen préliminaire, on étudie alors les propriétés des bactéries cultivées à l'état de pureté (propriétés fermentaires, pathogénité, etc.).

Habitat des bactéries

Il résulte de ce qui précède que les bactéries doivent se trouver partout où il y a vie organique, donc partout où existent des animaux et des plantes, attendu que les cadavres de ces derniers leur fournissent une nourriture abondante. Elles pullulent, par conséquent, à la surface du sol et dans les eaux voyageant au contact de l'atmosphère. On les trouve aussi en grand nombre dans l'air que nous respirons, toujours chargé des poussières du sol. Les chiffres suivants nous en fournissent des exemples :

Terre. — Dans les couches superficielles les microbes sont très nombreux, jusqu'à plusieurs millions par gramme. Dans les couches plus profondes ils diminuent de nombre. A une profondeur de 3 à 6 mètres, la terre est généralement exempte de germes.

Eau. — L'eau de source sortant des entrailles de la terre est généralement dénuée de microbes. La terre joue ici le rôle d'un filtre parfait et l'eau de pluie, qui traverse le sol et va alimenter ces sources, se purge de germes pendant son pas-

sage. Mais, dès que l'eau est exposée à l'air, ainsi celle des rivières, des lacs, de la mer, elle se charge de germes. Quelques centaines de bactéries par centimètre cube ne sont rien d'anormal et une eau dont la teneur en germes approche de ce chiffre peut encore être considérée comme une bonne eau potable. Mais, quand le chiffre des microbes contenus dans une eau dépasse de beaucoup ce nombre, il y a lieu de la croire contaminée et de la tenir pour suspecte.

Air. — La teneur en germes de l'atmosphère est très variable, selon qu'il existe ou non des causes de contamination. Dans des locaux inhabités, on trouvera généralement moins de 100 bactéries par mètre cube ; dans des locaux habités, plusieurs centaines, et ce chiffre atteint facilement 200-400,000 par mètre cube quand les poussières du sol ont été remuées, quand on balaye une chambre, par exemple. Dans les rues de Paris, on trouve en moyenne 4,000 bactéries par mètre cube ; à Berne, j'en ai trouvé environ 700 par mètre cube. A la campagne, dans un champ, j'en ai trouvé environ 100 par mètre cube ; sur une montagne peu élevée (le Gurten, près de Berne) il n'y en avait plus que 8 par mètre cube. A de hautes altitudes, au sommet de l'Eiger (4,000 mè-

tres environ), j'ai trouvé un air absolument exempt de bactéries. Pour compter les germes de l'air le mieux est de se servir de filtres solubles à travers lesquels on fait passer une quantité donnée d'air ; on dissout les filtres dans de l'eau stérilisée et on fait de celles-ci des plaques de gélatine ; le nombre des colonies qui prennent naissance permet de calculer la teneur en germes de l'air analysé. Une des meilleures matières à employer pour la confection de ces filtres solubles est le sulfate de soude desséché réparti dans des tubes de verre au travers desquels on aspire l'air.

Autres microorganismes

Avant de passer à l'étude des microbes du lait, notre tâche principale, nous devons encore dire quelques mots de divers microorganismes qui jouent un rôle analogue à celui des microbes, mais qui en diffèrent cependant.

1. LEVURES. — Les levures sont des microorganismes plus gros que les microbes. Elles sont, en général, ovales, d'un diamètre de plusieurs millièmes de millimètre. Leur protoplasme est granuleux et contient des vacuoles (espaces vides).

Elles ne se multiplient pas comme les bactéries par scissiparité (division), mais par bourgeonnement, c'est-à-dire qu'elles produisent de petits bourgeons qui croissent peu à peu et finissent par se détacher de la cellule mère (fig. 1, *k*). Sur les milieux solides elles émettent quelquefois un mycélium comme les mucédinées ou moisissures dont il sera parlé un peu plus bas et des sortes de sporanges dans lesquels se forment les spores. Les levures jouent un rôle important dans la fermentation du vin et de la bière, dont elles sont les agents.

2. Mucédinées ou moisissures. — Chacun connaît les moisissures qui recouvrent le vieux pain, les fruits, etc. Ces gazons blanchâtres ou diversement colorés sont constitués par des moisissures microscopiques que l'on classe aussi, en raison de leur petitesse, parmi les microorganismes et qui présentent quelque parenté avec les bactéries. Elles appartiennent à la classe des cryptogames faisant partie du vaste embranchement des thallophytes, plantes dépourvues d'une tige, de feuilles et n'ayant qu'un thalle. Celui-ci est composé de cellules privées de chlorophylle, mais possédant comme les bactéries une membrane et du protoplasme. Les moisissures ne se multiplient

pas par scissiparité, mais par allongement, c'est-à-dire par la production de longs filaments, les *hyphes*. Ces dernières se ramifient et constituent le mycélium, un feutrage épais de filaments. Quelques-unes d'entre elles deviennent des hyphes fructifères qui donnent naissance aux fruits ou spores, appelées aussi conidies. Les mucédinées sont composées d'une quantité innombrable de genres et d'espèces différentes, parmi lesquels nous citerons les suivants :

a. Penicillium (*fig*. 1, *l*), ainsi nommé à cause de la forme de ses hyphes fructifères qui se terminent par un pinceau de pédoncules[1] à l'extrémité desquels se développent des chaînes de spores. Une variété de pénicillium, le *penicillium glaucum*, que l'on incorpore à la pâte du fromage de Roquefort, joue un rôle important dans la maturation de ce dernier. Les veines verdâtres que l'on voit dans ce fromage sont constituées par des amas de cette moisissure.

b. Aspergillus (fig. 1, *m*). — Dans cette espèce les hyphes fructifères se terminent en forme de massue, sur laquelle poussent des prolongements appelés *stérigmates*, porteurs des spores.

[1] *Penicillium* (latin), c'est-à-dire « pinceau ».

c. Mucor (fig. 1, *n*). — Les hyphes fructifères se terminent par un *sporange* qui contient les spores. Quand le sporange est mûr, il éclate et les spores deviennent libres.

d. Oïdium (fig. 1, *o*). — Cette espèce donne aussi un mycélium dont les hyphes se dissocient plus tard en courts articles. Une variété de cette mucédinée, l'*oïdium lactis*, se rencontre fréquemment dans le lait.

PARTIE SPÉCIALE

Des microbes dans le lait et de leur multiplication

Il résulte de ce qui précède que les bactéries trouvent dans le lait un excellent terrain nutritif, attendu qu'il leur offre tous les aliments dont elles ont besoin, et il n'est, par conséquent, pas étonnant que l'on rencontre généralement de très nombreux microbes dans chaque échantillon de lait soumis à une analyse bactériologique. Le lait est, il est vrai, exempt de germes dans la glande mammaire, sauf dans les cas où celle-ci est malade, par exemple quand elle est le siège d'altérations provoquées par la tuberculose ou par une mammite ; dans ces cas, on trouve alors les bacilles de la tuberculose et les microbes auteurs de la mammite dans le lait, même avant qu'il soit sorti du pis de la vache. Mais, ces cas exceptés, le lait est pur de germes ainsi que l'a déjà montré Pasteur

et ainsi que l'on peut s'en convaincre en allant chercher directement le lait dans la glande mammaire au moyen d'une canule stérilisée. Lorsqu'on examine, par contre, le lait après la traite, on y trouve régulièrement de très nombreuses bactéries. En moyenne, j'ai compté, à Berne, de 10,000 à 20,000 bactéries par centimètre cube. Cnopf, à Munich, en a même trouvé de 60,000 à 100,000, soit 60 à 100 millions par litre. D'où viennent ces bactéries ? La réponse à cette question est facile. On n'a qu'à examiner d'un peu plus près l'acte de la traite. On voit, alors, en effet, des vaches dont le ventre et les mamelles sont souillés de matières excrémentielles qui tombent dans le lait pendant qu'on le trait et qui hébergent, ainsi que nous le savons, des nombres incalculables de microbes ; en outre, les mains du vacher étant généralement peu propres, elles deviennent par suite le véhicule de nombreuses bactéries ; de plus, les vases dans lesquels on recueille le lait sont lavés avec de l'eau souvent fort riche en germes ; l'air de l'écurie en contient également de grandes quantités. Les premiers centimètres cubes de lait que l'on trait renferment aussi constamment un grand nombre de microorganismes parce que les dernières gouttes

de lait qui restent dans la partie inférieure du trayon ne sont pas protégées contre les germes de l'air extérieur, se contaminent par conséquent facilement et deviennent un terrain propice pour l'éclosion de nombreux microbes jusqu'au moment de la traite suivante. Combien ceci contribue à augmenter la richesse microbienne du lait résulte des expériences du Dr Schultz, qui a trouvé dans le lait recueilli au début de la traite environ 80,000 bactéries par centimètre cube, tandis que les dernières parties étaient stériles, c'est-à-dire exemptes de germes. L'importance de la propreté des mains est démontrée par une expérience dans laquelle j'usai d'un procédé recommandé par le professeur Guillebeau, à Berne, qui consiste à enduire de graisse les mains du laitier pour retenir toutes les malpropretés. Dans cette expérience, en effet, le nombre des microbes trouvés dans le lait trait dans un vase stérile tomba à 200 par centimètre cube. Comme ce sont les bactéries, ainsi que nous le verrons bientôt, qui rendent le lait si difficile à conserver, on obtiendrait un produit bien plus durable si, dès la traite, on observait une propreté plus grande. A cet égard, on ne saurait trop recommander de laver le pis des vaches et les mains du vacher à

l'eau tiède, de nettoyer soigneusement les ustensiles servant à recueillir le lait et, enfin, de tenir les étables aussi propres que possible.

Voyons, maintenant, ce que deviennent ces microbes que contient le lait. Comme ils trouvent dans ce liquide des aliments excellents, il est clair qu'ils s'y multiplieront abondamment et cela d'autant plus rapidement que la température sera plus favorable. Quelques exemples tirés d'expériences que j'ai faites ici, à Berne, le démontrent amplement.

Un échantillon de lait contenant 9,000 bactéries par centimètre cube après la traite fut placé à 15 degrés.

1	heure	après	il contenait	31,750	bactéries	par cmc.
2	heures	—	—	36,250	—	—
4	—	—	—	40,000	—	—
7	—	—	—	60,000	—	—
9	—	—	—	120,000	—	—
25	—	—	—	5,000,000	—	—

Des échantillons d'un autre lait dont la richesse microbienne après la traite était de 23,000 germes par centimètre cube furent tenus à 25 degrés et 35 degrés. Le tableau suivant montre l'augmentation des bactéries dans les deux échantillons.

	à 25°	à 35°	
2 heures après	plaque liquéfiée au moment de l'examen	75,000	par cmc.
6 — —	860,000	2,700,000	—
9 — —	2,150,000	3,400,000	—
24 — —	806,000,000	812,500,000	—

Ces chiffres auxquels j'en pourrais joindre d'autres encore, si la place ne me manquait, prouvent suffisamment l'influence de la température. Nous en tirerons donc la leçon qu'il faut *refroidir* le lait après la traite, autant que possible, pour empêcher une augmentation trop rapide des bactéries, qui, ainsi que nous allons le voir, sont la cause principale des altérations du lait.

Nature et fonctions des bactéries du lait

Après avoir parlé de la présence et de la multiplication des bactéries dans le lait, il nous reste à examiner quelles sont ces bactéries et quel est leur rôle.

Les microbes que l'on rencontre dans le lait peuvent être classés en deux groupes principaux.

D'abord, ceux que l'on peut considérer comme les hôtes constants ou du moins habituels du lait.

De même que certaines espèces animales ne se rencontrent que dans certaines contrées ou sous un climat donné, de même il existe des bactéries qui, par une sélection de plusieurs siècles, ont tellement pris l'habitude de vivre dans le lait, qu'on les rencontre presque constamment dans les différents produits de l'industrie laitière. Ce sont elles qui ont le plus d'importance pour la laiterie, attendu qu'elles sont la cause de la plupart des altérations du lait.

D'autre part, il y a tout un groupe de microbes que l'on rencontre souvent aussi dans le lait, mais que l'on peut considérer plutôt comme des hôtes fortuits. Ils ont aussi moins d'importance en matière de laiterie. Il peut se faire, toutefois, que, trouvant dans le lait un terrain propice, ils s'y développent et y forment des produits nuisibles. Ainsi, on cite des cas, survenus en Amérique, dans lesquels des empoisonnements ont été provoqués par de la crème, du fromage, etc. On fera donc bien de soustraire le lait à l'action de *tous* les microbes.

Dans un cas, toutefois, ces bactéries qui s'implantent fortuitement dans le lait intéressent à un haut degré les producteurs et les consommateurs de lait, c'est-à-dire dans celui où elles appartiennent au groupe des microbes *pathogènes*, attendu qu'alors le lait peut devenir le véhicule de diverses

maladies. Ces bactéries méritent, par conséquent, en raison de leur importance, d'être l'objet d'un chapitre particulier.

I. — Les microbes pathogènes du lait

1. *Bacille de la tuberculose.* — Ce n'est que rarement que des bacilles tuberculeux viendront de l'extérieur contaminer le lait ; ce cas ne se présentera guère que si le lait venait à être souillé par des expectorations ou autres matières tuberculeuses renfermant ce bacille. Quand on le rencontre dans le lait, il provient ordinairement d'une glande mammaire affectée de lésions tuberculeuses et se trouve donc dans le lait déjà avant la traite. On l'a, toutefois, aussi trouvé dans des cas où la glande mammaire paraissait encore être saine. Quant à la fréquence de sa présence dans le lait, les opinions des auteurs varient suivant que l'examen a été pratiqué dans une contrée où la pommellière (tuberculose du bœuf) était plus ou moins répandue. D'après Hirschberger, par exemple, 10 0/0 des vaches vivant dans la proximité des villes, où elles sont généralement traitées d'une manière peu

rationnelle, seraient tuberculeuses, et de celles-ci 50 0/0 donneraient un lait contenant le bacille de la tuberculose. Ainsi, 5 0/0 des laits consommés dans les villes renfermeraient ce redoutable microbe. Pour ce qui est de la virulence du bacille tuberculeux que l'on rencontre dans le lait, c'est-à-dire de sa faculté d'engendrer la tuberculose, elle est démontrée par le résultat positif de l'inoculation sous-cutanée du lait aux animaux d'expérience et par le fait que, lorsqu'on nourrit ceux-ci avec un lait riche en bacilles, ils contractent aussi la tuberculose. Il ne faut pas, toutefois, perdre de vue que pour la tuberculose comme pour d'autres maladies infectieuses, la quantité des microbes introduits dans l'organisme joue un rôle important et que l'infection se produit d'autant plus facilement que les bacilles sont plus nombreux. C'est pourquoi, dans la pratique, la dilution à laquelle sont exposés les bacilles de la tuberculose en raison du fait que l'on consomme rarement le lait d'une seule vache, mais presque toujours un lait provenant du mélange du lait de plusieurs vaches réunies, a pour résultat de diminuer en quelque mesure les chances d'infection. Mais la dilution diminue seulement le danger, elle ne l'écarte pas entièrement, ainsi qu'il résulte d'expériences ré-

centes. A Copenhague, par exemple, sur vingt-huit échantillons de laits mélangés, on en trouva, à la suite d'inoculations aux animaux, quatre de virulents, soit la septième partie. Et, cependant, deux de ces échantillons provenaient d'écuries contenant vingt à trente vaches parmi lesquelles il n'y avait, chaque fois, qu'une seule vache suspecte de tuberculose. Les deux autres échantillons, dont la virulence était encore plus considérable, avaient été pris dans des écuries contenant non seulement des vaches suspectes de tuberculose, mais aussi des vaches affectées de lésions tuberculeuses visibles de la glande mammaire. Bien que la consommation d'un lait tuberculeux semble, dans bien des cas, ne pas amener nécessairement la tuberculose, soit qu'une certaine prédisposition ou une faiblesse des organes digestifs soient nécessaires, soit qu'il faille un nombre assez considérable de bacilles pour produire une infection, un tel lait constitue, néanmoins, un danger incontestable pour la santé, et l'on a cité, déjà, bien des exemples dans lesquels des enfants ont contracté la tuberculose sans que l'on ait pu incriminer d'autre cause que le lait. Ainsi, Brouardel cite un cas dans lequel, sur quatorze jeunes filles d'un pensionnat, cinq devinrent tuberculeuses, depuis le jour où le

lait d'une vache tuberculeuse avait été consommé journellement dans l'établissement.

Les bacilles tuberculeux peuvent rester longtemps vivants dans les produits de l'industrie laitière. Gasperini, après avoir ajouté des bacilles tuberculeux à du beurre, les y a retrouvés vivants encore après cent vingt jours. Dans du fromage, Galtier les a retrouvés encore après trente-cinq jours. Après un mois ils paraissaient cependant s'être déjà atténués, en sorte que leur présence dans le fromage n'est pas un grand danger, d'autant plus que celui-ci n'est guère consommé que plusieurs mois après sa fabrication.

Toutefois, si l'on tient compte des exemples allégués, on ne peut que donner raison aux hygiénistes qui conseillent de ne pas boire le lait cru, mais de le faire cuire, afin de tuer les bacilles tuberculeux qu'il pourrait contenir. Mais nous reviendrons sur ce sujet dans le chapitre relatif à la stérilisation et la pasteurisation du lait. Le mieux serait d'ailleurs d'exclure complètement les bêtes tuberculeuses de la production du lait.

2. *Typhus.* — En 1870 déjà, on a pu ramener, avec une certitude suffisante, l'éclosion d'une petite épidémie typhique, survenue à Islington, en Angleterre, au lait qui avait servi à la consom-

mation. En effet, les seules personnes qui contractèrent le typhus furent celles qui avaient pris leur lait dans une laiterie dans laquelle un cas de typhus s'était déclaré peu auparavant; et, depuis, une coïncidence pareille a été relevée dans nombre de cas. Il n'est pas difficile de s'expliquer comment, dans cette circonstance, les germes typhiques parviennent dans le lait. Souvent on est en présence d'infiltrations de fosses d'aisances communiquant avec des puits ou des fontaines ; l'eau peut alors, s'il y a des typhiques dans la maison, être contaminée par les bacilles du typhus qui se trouvent en grand nombre dans les déjections des malades, et, dans la suite, le lait également, si cette eau est employée pour laver les vases dans lesquels on transporte le lait. Une transmission plus directe est aussi possible si ce sont les mêmes personnes qui soignent les malades et qui sont chargées de la traite. En ce qui concerne la durée de la vie du bacille typhique dans les produits de laiterie, Laser a constaté qu'il ne mourait dans le beurre qu'au bout de cinq à sept jours.

3. *Choléra.* — De même que le bacille typhique, le bacille cholérique peut aussi contaminer le lait. Dans le lait cuit, ce microorganisme se multiplie abondamment. Dans le lait cru, il paraît, d'après

les expériences de Cunningham, être étouffé par les microbes ordinaires du lait en vingt-quatre heures et être tué par la réaction acide qui se produit dans ce liquide. Cependant, on connaît un cas dans lequel tous les matelots d'un navire contractèrent le choléra, pour avoir bu du lait qui avait été additionné d'eau contaminée par des déjections cholériques. Laser a pu établir que le bacille cholérique ne meurt dans le beurre qu'après quatre à cinq jours.

4. *Microbes pathogènes divers.* — La diphtérie et la fièvre scarlatine paraissent de même avoir été plusieurs fois transmises par le lait (d'après le Dr Hart, 14 épidémies de scarlatine et 7 de diphtérie auraient ainsi pris naissance en Angleterre). Bien que l'agent de la fièvre scarlatine ne soit pas encore connu et que, par conséquent, une preuve stricte n'ait pas encore été faite, cette hypothèse est parfaitement admissible. On pourrait également citer de nombreux exemples dans lesquels l'ingestion d'un lait a provoqué des dérangements intestinaux certainement dus à l'action de bactéries spécifiques. Enfin, certaines épizooties comme la péripneumonie du porc, la surlangue et la claudication, etc., peuvent se transmettre par le lait. En tout cas, ces faits prouvent suffisamment

que le lait peut servir de véhicule à de nombreuses maladies quand il en contient les germes. Cette question n'a pas seulement de l'importance au point de vue de la santé publique, mais aussi à cause du tort qui peut en résulter pour les sociétés laitières. En effet, s'il était prouvé que le lait d'une laiterie répand le typhus, on en défendrait certainement, à l'avenir, la vente jusqu'à ce que la cause de la contamination fût trouvée et écartée, ce qui exigerait souvent beaucoup de temps, et les perturbations que cela amènerait dans l'exploitation de la laiterie pourraient entraîner un dommage pécuniaire considérable pour les intéressés. On ne saurait donc prendre trop de soins pour empêcher que des microbes pathogènes n'infectent le lait.

II. — Les microbes ordinaires du lait

Passons maintenant aux bactéries dont l'habitat ordinaire est le lait et que l'on peut, par conséquent, considérer comme les microbes spécifiques du lait. Ce sont ceux qui ont pour nous le plus d'importance, car ils provoquent dans le lait de nombreuses modifications et altérations qui tantôt

sont nuisibles, tantôt utiles. En effet, certains produits du lait, tels que le fromage, le lait caillé, la crème aigre et d'autres encore, sont dus à une fermentation spéciale provoquée par des microbes. Ces derniers seront donc l'objet de nos soins et de notre protection comme les levures auxquelles nous devons la fermentation du vin et de la bière.

Les microbes habituels du lait peuvent, d'après les effets qu'ils produisent dans le lait, être divisés en différentes classes. Nous citerons en particulier les suivantes.

1. *Ferments lactiques.* — Lorsqu'on abandonne du lait frais à lui-même, il se caille après deux à quatre jours et prend en même temps une réaction acide. Ce fait est l'œuvre des microbes appelés *ferments lactiques*. Il existe, en effet, non pas une espèce, mais une légion de microbes doués du pouvoir de faire fermenter le sucre du lait, c'est-à-dire de le dédoubler en acide carbonique et en acide lactique. Or, un certain degré d'acidité du lait entraîne sa coagulation, ainsi qu'on peut s'en convaincre lorsqu'on y ajoute de l'acide lactique ou de l'acide acétique. L'acide lactique formé par ces bactéries amène donc la coagulation du lait dès que sa production est suffisante. Les ferments lac-

tiques peuvent être divisés en ferments lactiques *spécifiques*, qui sont la cause constante de la coagulation du lait, et en ferments lactiques *facultatifs*, qui ne se trouvent pas habituellement dans le lait caillé, mais qui, quand on les ensemence dans du lait stérilisé, peuvent de même y former de l'acide lactique. Ces derniers ne sont donc pas de vrais ferments lactiques et appartiennent au groupe des bactéries qui ne vivent qu'accidentellement dans le lait. Ils ne présentent donc qu'un intérêt restreint et nous ne nous en occuperons pas davantage.

Parmi les représentants principaux des ferments lactiques on cite généralement le *bacille lactique* de *Hueppe*, dont cet expérimentateur a fait une étude spéciale. La forme de ce bacille est celle d'un bâtonnet assez court, long de 1 à 1, 7 μ et large de 0,3 à 0,4 μ. Il croît entre 10 et 45 degrés, mais la température qui lui convient le mieux est celle de 35 degrés. Ensemencé dans du lait stérilisé, il le coagule d'une façon homogène en quinze heures à une température de 25 à 30 degrés. Le lait caillé par son action ne se redissout plus dans la suite. En général, les ferments lactiques ne sont pas doués de la faculté de redissoudre le lait qu'ils ont caillé et ils fluidifient rarement aussi la gélatine. Dans la pratique, on voit fréquemment, il est

vrai, un lait caillé se fluidifier de nouveau en prenant en même temps un mauvais goût et une mauvaise odeur ; mais ceci est l'œuvre d'autres microbes qui se développent dans la suite et dont nous aurons à parler plus tard.

Citons encore parmi les ferments lactiques le bacille de *Grotenfelt*, qui, en outre de l'acide carbonique et de l'acide lactique, produit aussi de l'alcool ; le *bacterium acidi lactici Grotenfelt*, le *micrococcus lactis I Hueppe*, le *micrococcus lactis II Hueppe*, le *micrococcus acidi lactici Marpmann*, le *sphaerococcus acidi lactici Marpmann*, le *bacterium limbatum acidi lactici Marpmann*, le *micrococcus acidi lactici Krueger*, qui liquéfie la gélatine, et le *streptococcus acidi lactici Grotenfelt*. La liste des ferments lactiques est cependant loin d'être épuisée avec ceux-ci ; ultérieurement on en découvrira certainement encore de nouveaux. Dans le fromage de l'Emmenthal, par exemple, j'ai trouvé plusieurs bacilles et micrococques non encore décrits et qui sont des ferments lactiques spécifiques.

Les ferments lactiques n'ont pas, d'habitude, de spores, aussi ne sont-ils pas très résistants à l'égard de la chaleur. Une température d'environ 70° suffit généralement pour les tuer. Ces espèces

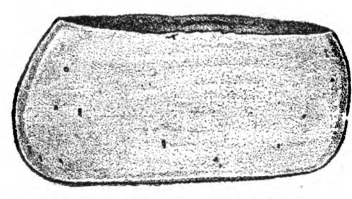
microbiennes sont nuisibles en tant qu'elles sont un des facteurs principaux qui rendent le lait si difficile à conserver, car elles sont la cause de la coagulation spontanée du lait; et même, quand elles n'ont pas amené sa coagulation, elles peuvent l'avoir aigri de manière à ce qu'il ne supporte plus la cuisson, mais se précipite en flocons légers, accident bien connu de toutes les ménagères. Dans d'autres cas, au contraire, ces ferments lactiques sont utiles quand, par exemple, le lait doit avoir acquis un certain degré d'acidité avant d'être employé. Ainsi, en France et en Allemagne on fait presque tout le beurre avec de la crème légèrement aigre et chez nous aussi ce procédé est usité pour les beurres destinés à l'exportation, surtout pour Paris, vu qu'il se conserve plus longtemps et répond mieux au goût du consommateur étranger. Le procédé est connu. On ajoute à la crème une petite quantité de lait aigri et on l'abandonne à elle-même jusqu'au lendemain. La crème est alors légèrement acide et prête à être barattée. Pour avoir chaque jour la quantité nécessaire de lait aigre afin d'opérer cette transformation, il faut chaque fois en ajouter 1 à 2 litres à du lait frais ou, mieux encore, à du lait ou du petit-lait pasteurisé (nous parlerons plus tard de la pasteurisation). Ce

lait est, le lendemain, juste à point pour être ajouté à la crème. Pour que le beurre soit bon, cette acidification de la crème doit être tout à fait normale, et, comme elle est causée par des bactéries, tout dépend de la nature de ces dernières. Si, par exemple, le lait ajouté à la crème dans l'intention de l'acidifier contient des bactéries formant dans le lait des produits à odeur désagréable, la crème prendra aussi une odeur désagréable et un mauvais goût. Il faut donc chercher à n'avoir dans le lait employé dans ce but que des bactéries produisant une acidification normale et un arôme agréable. Weigmann, à Kiel, a réussi à trouver une semblable bactérie et à obtenir un beurre d'excellente qualité en employant pour acidifier la crème des cultures pures de ce microbe. Le procédé reste le même ; seulement on commence par employer, le premier jour, non pas un lait aigri spontanément, mais un lait qu'on a aigri en l'ensemençant avec une de ces cultures pures. D'après Weigmann on fait bien de pasteuriser le lait (ou petit-lait) employé à cet effet, afin que les bactéries que l'on y ensemence n'aient pas à lutter contre la concurrence des bactéries ordinaires contenues dans le lait. En préparant ainsi, jour par jour, la quantité de lait aigre nécessaire pour ensemencer la crème au moyen du

lait de la veille on réussit à obtenir un produit dont la qualité reste toujours également bonne. En tout cas, la bactérie de Weigmann (un microcoque) n'est pas la seule espèce bactérienne susceptible de produire une fermentation lactique normale dans la crème et on en trouvera assurément d'autres qui répondront encore mieux au goût des différents pays et villes. Nous aurions donc ici un exemple du rôle utile que les bactéries peuvent jouer dans la laiterie et de la manière dont on peut les utiliser dans ce but.

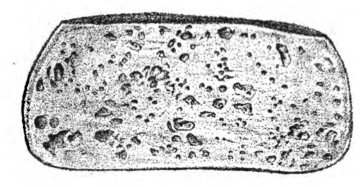
Le contraire est malheureusement aussi quelquefois le cas, car il existe un certain nombre de ferments lactiques qui peuvent nuire beaucoup, surtout à l'industrie fromagère. Ce sont les espèces microbiennes qui dédoublent le sucre de lait avec une telle énergie que la production de gaz devient impétueuse. Lorsqu'on ensemence ces bactéries dans du bouillon sucré, on voit à 35 degrés des bulles de gaz se former déjà au bout de cinq à six heures, ce qui devient visible surtout quand on agite le ballon. On comprend facilement que, lorsque des bactéries de cette espèce se trouvent en grandes quantités dans des fromages, les gaz produits puissent les boursoufler et provoquer la formation de trous anormaux.

La figure 2 en montre un exemple. L'un de ces fromages d'essai, fait avec 10 litres de lait, est encore normal ; le second, qui, au moment où l'on avait mis la présure, avait été additionné d'une culture de ces bactéries, était déjà fortement boursouflé après trois jours. Ce groupe de bactéries comprend sûrement de nombreux représentants

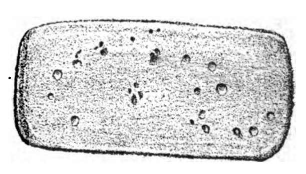


a. Fromage fabriqué avec du lait infecté par une bactérie produisant le boursouflement des fromages, âgé de trois jours.

b. Fromage de contrôle.



a. Coupe du même fromage que plus haut.



b. Coupe du fromage de contrôle.

dont la plus petite partie seulement a été étudiée jusqu'ici. Le plus souvent, j'ai rencontré dans les fromages boursouflés un microorganisme auquel

j'ai donné le nom de *Bacillus Schafferi*[1]. Je l'ai également trouvé dans des fromages dits « à mille trous » et j'ai pu, avec ses cultures, aussi bien provoquer ce dernier défaut que le boursouflement proprement dit. J'ai remarqué, en effet, que, quand ces bactéries se trouvent par paquets disséminés en différents endroits, elles produisent de gros trous pareils à ceux des fromages boursouflés, tandis que, quand elles sont réparties d'une manière très égale et en grand nombre dans le lait, il se forme de petits trous innombrables presque à chaque point du fromage. Ils sont alors tellement rapprochés les uns des autres qu'ils ne peuvent pas atteindre de plus grandes dimensions. C'est quelque chose d'analogue à ce qui se voit sur les plaques de gélatine ensemencées avec de trop nombreux germes et sur lesquelles les colonies restent très petites, tandis que sur des plaques moins chargées elles peuvent s'étendre. Ce bacille paraît être très répandu et je l'ai, entre autres, trouvé sur des pommes de terre. C'est pourquoi l'usage assez répandu dans certaines contrées de se graisser les mains avec une bouillie de pommes de terre avant la traite n'est pas sans inconvénient, attendu qu'en

[1] *Landw. Jahrbuch der Schweiz*, 1890, IV, p. 17.

le faisant on peut introduire dans le lait cet hôte incommode. Le Dr Schaffer, chimiste cantonal à Berne, avait déjà précédemment, dans des conférences populaires, déconseillé ce procédé peu propre du reste; aussi ai-je donné son nom à ce bacille. On remplacera avec avantage la bouillie de pomme de terre par du saindoux.

Ce *bacillus Schafferi* est certainement, en raison de ses propriétés morphologiques et biologiques, parent des nombreuses espèces bactériennes qui peuplent l'intestin et qui appartiennent au groupe du *bacterium coli commune*. On fera donc bien d'observer la plus scrupuleuse propreté pendant la traite pour éviter que des matières excrémentielles ne viennent souiller le lait.

D'autres ferments lactiques producteurs de gaz peuvent en même temps causer la mastite de la vache et intéressent également à ce point de vue l'industrie laitière, parce que des vaches atteintes de cette affection donnent, par conséquent, un lait impropre à la fabrication du fromage à cause de la présence de ces bactéries. Il est donc nécessaire de faire examiner soigneusement les vaches qui fournissent le lait, par un vétérinaire, dès que les fromages se boursouflent. A cette classe de bactéries appartiennent trois bacilles rencontrés par le

Professeur Guillebeau dans des cas de mastite (Bacillus Guillebeau *a*, *b* et *c*) et dont j'ai pu constater la propriété de provoquer le boursouflement des fromages.

Citons encore deux espèces de microcoques qu'Adametz a trouvés à Sornthal où ils avaient de même causé le boursouflement des fromages et qu'il range aussi parmi les agents des mastites, ainsi que plusieurs autres microcoques et streptocoques (Adametz, Macé, Hueppe) rencontrés dans des cas de mastite. La preuve expérimentale de leur propriété de boursoufler les fromages n'est pas encore entièrement faite, mais la chose paraît probable, car, ensemencés dans du lait, ils y provoquent généralement une vive fermentation.

Cette énumération n'épuise pas cependant complètement la liste des bactéries pouvant causer le boursouflement du fromage. En outre de celles que nous avons citées et dont la propriété essentielle est de dédoubler le sucre de lait en acide carbonique et acide lactique, il existe encore toute une catégorie de microbes qui, dans les dédoublements qu'ils provoquent, produisent de grandes quantités d'autres gaz, par exemple de l'hydrogène, et qui, si cette production est trop énergique, peuvent aussi amener du boursouflement. Ils n'appar-

tiennent pas à la classe des ferments lactiques; nous pouvons toutefois les citer ici, puisque nous parlons de la question du boursouflement des fromages. Ce sont d'abord deux bacilles étudiés par Weigmann qui les a rencontrés dans le lait. Dans ses expériences ils produisirent dans de petits fromages d'essai des trous de la grandeur d'un œuf de pigeon; puis le *bacillus actinobacter polymorphus* de Duclaux et encore d'autres bacilles que ce dernier savant a trouvés dans des fromages à pâte molle.

Quelques levures, enfin, paraissent aussi susceptibles de provoquer des fermentations dans la pâte du fromage, mais probablement seulement dans des fromages à pâte molle, les fromages cuits n'étant pas un bon terrain pour elles. Nous apprendrons, plus tard, à connaître quelques-unes de ces levures.

2. *Ferments de la caséine*. — Un second groupe de bactéries très nombreuses coagule également le lait; mais, au lieu d'agir en produisant de l'acide lactique, elles agissent en sécrétant une espèce de présure. Lorsqu'on cultive ces bactéries dans du bouillon, par exemple, ce dernier, débarrassé des microbes par filtration sur un filtre de porcelaine, coagule le lait auquel on l'ajoute,

comme s'il contenait de la présure. Une de ces espèces cultivée par Duclaux dans du lait (*tyrothrix tenuis*), à 37 degrés centigrades, put coaguler en onze minutes trente fois son poids de lait, et en deux heures cent vingt fois son poids. Conn a aussi réussi à retirer des cultures d'une autre espèce de ce genre un ferment sous forme d'une poudre qui agit comme de la présure. Ces bactéries ont, en outre, la propriété de redissoudre, au moyen d'une seconde diastase (ferment), le lait qu'elles ont coagulé. Cette diastase a été appelée *caséase* par Duclaux et elle joue probablement un rôle important dans la maturation du fromage en produisant dans sa pâte des modifications d'une nature particulière. Ces microbes ne se bornent, toutefois, pas à agir de cette seule façon sur la caséine (coagulation et dissolution), mais ils la décomposent encore davantage en formant des produits divers, tels que des peptones, de la leucine, de la tyrosine, de l'ammoniaque, de l'acide butyrique, etc. L'acide butyrique se rencontre fréquemment dans ces fermentations et on a même créé un groupe spécial de *ferments butyriques*. On n'est cependant pas fondé à faire de ceux-ci un genre à part, attendu que l'acide butyrique est plutôt un résidu de décompositions très

diverses de la caséine et de la lactose ; il n'est, au fond, qu'un produit final de diverses fermentations comme la leucine, la tyrosine et l'ammoniaque. On fait mieux, par conséquent, de créer, comme le conseille Duclaux, pour tous ces microbes un groupe général des *ferments de la caséine*. Ce sont, en général, des bacilles munis de spores, doués souvent d'une résistance incroyable. Ainsi, les spores du *tyrothrix tenuis* peuvent supporter, d'après Duclaux, une température humide de 115 à 120 degrés pendant une minute environ. Ce sont spécialement ces espèces bactériennes qui rendent si difficile la stérilisation parfaite du lait, ainsi que nous le verrons plus tard. Il nous est impossible ici de décrire chacune des variétés composant ce groupe, car il en existe un nombre immense dont la plupart n'ont pas encore été étudiées. Les mieux connues sont celles que Duclaux a rencontrées dans le fromage du Cantal et auxquelles il a donné le nom de *tyrothrix*, (*tyrothrix tenuis*, *filiformis*, *distortus*, *geniculatus*, *turgidus*, *scaber*, *virgula*, *urocephalum*, *claviformis*, *catenula*), et dont il a soigneusement étudié l'action sur le lait. Puis viennent les bacilles dits du foin et de la pomme de terre, bacilles innombrables, ainsi nommés parce qu'on

les a rencontrés d'abord dans des infusions de foin et sur des tranches de pommes de terre mal stérilisées ; ces bacilles ne sont autre chose que des variétés des nombreux microbes qui vivent à la surface du sol ; enfin, les bacilles décrits par différents auteurs comme ferments butyriques.

Nous avons dit que ces bacilles jouent probablement un rôle prépondérant dans la maturation du fromage ; que les bactéries sont les agents de cette fermentation spéciale, cela paraît certain aujourd'hui après les nombreux travaux qui ont eu cette question pour objet. Ainsi, le Dr Schaffer et le Dr Bondzynski ont montré, il y a déjà plusieurs années, que des fromages fabriqués avec du lait cuit, par conséquent privé de bactéries, ne présente pas de phénomènes de maturation ; Adametz a montré, de même, que des fromages auxquels on ajoute des substances bactéricides, telles que la créoline et le thymol, ne mûrissent pas non plus ; moi-même, enfin, j'ai prouvé dans une série d'expériences que, si on pasteurise le lait avant d'en faire du fromage, ce qui tue de même la plupart des bactéries (voir plus bas), la maturation fait presque constamment défaut. Cela montre bien que sans microbes il n'y a pas de maturation. Quant à savoir si celle-ci est

uniquement l'œuvre des ferments de la caséine dont nous avons parlé ou s'il existe d'autres microbes, actuellement encore inconnus et non étudiés, qui seraient les microbes spécifiques de la maturation du fromage, ceci est une question encore pendante. En faveur de la première hypothèse, on peut citer le fait qu'on trouve dans les cultures des ferments déjà nommés de la caséine les mêmes produits que ceux qui se forment dans le fromage pendant sa maturation (leucine, tyrosine, etc.) ; en faveur de la seconde, on pourrait alléguer qu'on n'a pas réussi jusqu'ici à hâter la maturation ou à la rendre plus parfaite en ajoutant au fromage des cultures de ces bactéries. Il est probable d'ailleurs que la maturation du fromage est un processus très compliqué auquel concourent plusieurs facteurs.

3. *Lait bleu.* — Une maladie assez fréquente du lait consiste dans l'apparition de taches bleues, qui tantôt restent limitées à quelques places, tantôt envahissent toute sa surface. Suivant la température, ce phénomène se produit en vingt-quatre à soixante-douze heures. Déjà Steinhoff, en 1838, et Fuchs, en 1841, ont montré que cette maladie du lait est transmissible, et ce dernier observateur a constaté dans le lait bleu la présence d'un micro-

organisme particulier qu'il n'a pas, cependant, réussi à cultiver parce que les méthodes bactériologiques étaient alors encore trop imparfaites. Ce microbe, appelé *bacillus cyanogenus*, fut dans la suite spécialement étudié par Neelsen, Hueppe, Heim et Gessard. Il est très mobile, long de 1 à 4 μ et large de 0,3 à 0,5 μ. Il ne liquéfie pas la gélatine, mais lui communique une teinte foncée. La coloration bleue qu'il produit dans le lait est liée à certaines conditions qui nous donnent un bel exemple de ce qu'on appelle la *symbiose* des bactéries ; on entend par là l'association indispensable de plusieurs espèces bactériennes pour produire dans quelques circonstances tels effets déterminés. Lorsqu'on sème, en effet, ce bacille dans du lait stérilisé, ce dernier ne devient pas bleu, mais seulement grisâtre. Les taches bleues n'apparaissent que dans le lait non stérilisé et cela provient de ce que le pigment bleu ne se produit qu'en présence d'un acide. Or, dans le lait non stérilisé, les ferments lactiques qui s'y trouvent constamment produisent de l'acide lactique et celui-ci est employé par le bacille cyanogène pour former son pigment. Dans le lait stérilisé, par contre, les ferments lactiques font défaut et avec eux l'acide, et les taches bleues ne se produisent pas. Il

ne revient pas au même d'ajouter, dès le début, une certaine dose d'acide à du lait stérilisé ; dans ce cas, le bacille cyanogène ne croît pas parce qu'il ne supporte pas non plus un excès d'acide. Dans le lait non stérilisé, il consomme l'acide au fur et à mesure de sa production, en sorte que ce dernier ne s'accumule pas et que la réaction du liquide nutritif reste toujours favorable. Si l'on veut que du lait stérilisé devienne bleu, il faut ajouter une substance neutre de laquelle le bacille puisse tirer lui-même peu à peu l'acide dont il a besoin, car, à lui seul, il ne dédouble pas le sucre de lait. Ainsi, lorsqu'on ajoute de la glucose, il la fait fermenter en produisant de l'acide et la coloration bleue fait son apparition. Ce microorganisme est tué en une minute par une température de 80 degrés. Il est, en revanche, très résistant à l'égard d'une solution de carbonate de soude à 10 0/0 et de soude caustique à 5 0/0. Il supporte bien de même la dessiccation.

4. *Lait rouge*. — La couleur rouge du lait peut aussi être attribuée à la présence de bactéries. Je dis « peut », car il y a des cas dans lesquels le lait est rougeâtre sans que des bactéries en soient la cause. Cela arrive quand des vaches sont affectées de mastite et que leur lait

est mêlé d'un peu de sang. Mais, dans ce cas, le lait est déjà rougeâtre au moment de la traite et donne un dépôt rouge quand on le laisse reposer. Quand ce sont, au contraire, des bactéries qui sont la cause de la coloration rougeâtre du lait, celle-ci n'apparaît que plus tard, lorsque les bactéries qui la déterminent, arrivées du dehors, ont eu le temps de se multiplier et de produire leur pigment.

Il existe différentes bactéries douées de cette propriété.

a. Bacillus prodigiosus. — Ce bacille ne donne de taches rouges qu'à la surface du lait. Le reste du lait ne se colore pas. Le *bacillus prodigiosus* est un petit bâtonnet dépourvu de mobilité. Sur d'autres substances, spécialement sur des tranches de pommes de terre, il produit également une matière colorante d'un rouge intense. Il sécrète aussi, ainsi que l'a montré Gorini, une diastase analogue à la présure. Il liquéfie la gélatine.

b. Sarcina rosea Menge, sarcine rose. Ensemencée dans du lait stérilisé, cette bactérie croît à la surface et colore d'abord la crème en rouge ; peu à peu cette coloration envahit e reste du lait.

c. Sarcina rosea Schröter. — Cette espèce

bactérienne donne au lait une couleur plutôt brunâtre.

d. Bacterium lactis erythrogenes. — Bactérium du lait rouge. Isolé par Hueppe d'un lait rouge. Sa longueur est de 1,0 à 1,4 μ, sa largeur de 0,3 à 0,4 μ. Il liquéfie la gélatine et la colore en rouge. Il est immobile. Ensemencé dans du lait, il précipite et peptonise la caséine. La réaction reste neutre. La couche de crème ne devient pas rouge, mais bien le sérum qui se trouve au dessous. Ce pigment rouge ne se produit que quand les cultures sont tenues dans l'obscurité.

5. *Lait jaune.* — Plusieurs espèces bactériennes peuvent produire une coloration jaune du lait. La plus connue est le *bacillus synxanthus Schröter.* Ce microorganisme a été trouvé dans du lait cuit qui avait pris une teinte jaune. C'est un bâtonnet mobile, qui caille le lait au moyen d'une diastase, parente de la présure, et le redissout, dans la suite, en le colorant en jaune. Ce microbe appartient donc plutôt aux ferments de la caséine et c'est seulement à cause du pigment particulier qu'il produit qu'on lui a assigné une place à part.

Toutefois, d'après mon expérience, il existe de nombreuses bactéries, surtout celles de la pu-

tréfaction, qui sont douées du pouvoir de colorer le lait en jaune. Mais, dans la pratique, ce fait se produit rarement, car le lait n'est généralement pas conservé assez longtemps pour que ces altérations aient le temps de se manifester.

6. *Lait amer*. — Un défaut assez fréquent du lait consiste dans son amertume. Il est parfois produit par certains fourrages. Cependant, il y a aussi des bactéries qui ont la propriété de donner un goût amer au lait par la production de substances amères, telles, par exemple, que la peptone. Cette propriété ne suffit pas toutefois pour en faire une espèce bactérienne particulière; la production de substances amères, de même que la production d'acide butyrique, est un phénomène général que l'on retrouve chez un grand nombre de microbes, un produit de fermentations diverses, et non pas une fonction spéciale dévolue à une classe particulière de microbes. L'amertume du lait est bien une maladie bactérienne du lait, mais les bactéries qui la déterminent peuvent appartenir à des familles variées, selon la nature des substances amères qu'elles engendrent. Parmi les bactéries que l'on a citées comme agents de cette maladie on peut nommer :

a. Le *bacille du lait amer de Weigmann*. — Bâ-

tonnets longs de 1,5 à 1,8 μ et larges de 0,9 à 1,1 μ, peu mobiles, formant des spores.

Ensemencé dans du lait stérile, ce bacille lui communique un goût très amer déjà au bout de vingt-quatre heures. Un fromage inoculé avec ce microorganisme ne devint pourtant pas amer ; ce microbe ne paraît donc pas capable de se multiplier dans le fromage.

b. Le *microcoque du lait amer de Conn.* — Ce microorganisme a été isolé d'une crème amère. Il est aérobie, il liquéfie la gélatine et la rend filante. Le lait dans lequel on l'ensemence est caillé par la production d'une diastase, du genre de la présure, mais se redissout dans la suite partiellement. Le lait ne devient pas filant comme la gélatine, mais devient très amer.

c. *Tyrothrix geniculatus*, bacille trouvé par Duclaux dans des fromages à pâte molle qui rend amers le lait et le fromage à pâte molle.

La liste des microbes pouvant donner de l'amertume au lait est, toutefois, loin d'être épuisée, car cette faculté est possédée par de nombreuses variétés bactériennes. Il est à noter que le goût amer se produit surtout dans le lait cuit, qu'on a abandonné à lui-même pendant quelque temps. Cela provient de ce que les bactéries du lait amer

appartiennent généralement aux ferments de la caséine, ainsi que nous l'avons dit. Nous savons, en effet, que la plupart de ces derniers se distinguent par une très grande force de résistance (spores). Or, quand on cuit le lait, on tue les ferments lactiques et les spores des bactéries du lait amer, restées en vie, germent et se multiplient abondamment. Dans le lait cru, au contraire, elles sont plus facilement étouffées par les ferments lactiques. Il existe aussi, cependant, des bactéries capables de supporter la concurrence de ces derniers et de rendre amer même le lait cru. Deux fois déjà, j'ai isolé d'échantillons de crème amère deux variétés de bacilles, n'appartenant pas à la classe des bacilles à spores très résistantes et qui s'étaient néanmoins abondamment développés dans le lait malgré la présence des ferments lactiques. Ils me paraissent n'avoir pas encore été décrits jusqu'ici, mais leur étude n'est pas encore achevée.

Ce chapitre mérite d'être l'objet de recherches spéciales et approfondies ; pour le moment, nous nous bornerons à retenir que de nombreuses bactéries peuvent, grâce aux substances qu'elles produisent, communiquer au lait un goût amer.

7. *Lait filant.* — Le lait devient souvent visqueux

ou filant. Dans ce cas, le lait et surtout la crème prennent, douze à quatorze heures après la traite, une consistance visqueuse qui est souvent tellement prononcée que, quand on y plonge le doigt ou une baguette de verre, on peut l'étirer en longs fils. Cette altération du lait est aussi produite par les microbes et facilement transmissible; on la craint beaucoup, surtout en Suisse où on n'emploie pas volontiers le lait filant pour la fabrication du fromage ; dans d'autres pays, au contraire, on l'apprécie même et on cherche à le reproduire artificiellement, ainsi, par exemple, dans la fabrication du fromage d'Edam et pour préparer le « Tättemyelk » (conserves de lait filant) de la Norvège.

Il existe un grand nombre de microbes susceptibles de provoquer cette altération du lait. Nous allons décrire brièvement les espèces qui ont été le mieux étudiées jusqu'ici.

a. Schmidt Mühlheim, le premier, a examiné bactériologiquement un lait filant (1883). Il y a vu un nombre extraordinaire de microcoques dont le diamètre était de 1 μ. Ils étaient mobiles, en partie isolés, en partie groupés en chaînettes. La réaction de ce lait était acide. Malheureusement, Schimdt Mühlheim ne les a pas cultivés, en sorte

qu'il n'est plus possible de les identifier avec les espèces trouvées plus tard.

b. Duclaux décrit deux espèces bactériennes, l'*actinobacter* du lait visqueux et l'*actinobacter polymorphus*, qui rendent également le lait filant. Les deux sont munis d'une capsule.

c. Loeffler a isolé du lait un bacille, le *bacillus lactis pituitosi*, qui rend visqueux le lait stérilisé. Il le décrit comme un bâtonnet épais, légèrement recourbé, qui ne liquéfie pas la gélatine. A la température de la chambre, sa croissance est modérée, en sorte qu'il ne joue guère un rôle important dans la pratique.

d. *Bacillus lactis viscosus Adametz*. — Dans les environs de Vienne, Adametz a isolé de l'eau de deux ruisseaux, dans lesquels se déversaient des eaux de fabrique, un bacille qui rend le lait très filant. C'est un bâtonnet court, de 1,25-1,75 μ de longueur et de 1,10-1,35 μ de largeur. Il ne liquéfie pas la gélatine et est très aérobie. Ensemencé dans du lait stérilisé, il ne le rend visqueux qu'au bout de quelques jours. A la température de la chambre, ce liquide ne devient très filant qu'après un temps assez long. Cela peut faire présumer que ce bacille n'est probablement jamais, dans la pratique, la cause de la maladie du lait

filant, car jamais on ne conserve le lait aussi longtemps. Son étude présente pour cette raison un intérêt plutôt théorique.

e. Un grand nombre des bacilles dits de la pomme de terre, qui, ainsi que nous l'avons dit plus haut, appartiennent au groupe des ferments de la caséine, peuvent donner au lait une consistance visqueuse. Ils ne le rendent jamais toutefois véritablement filant de façon à ce que l'on puisse l'étirer en longs fils.

f. *Micrococcus de la « lange Wei »*. — On emploie en Hollande pour fabriquer le fromage d'Edam du petit-lait devenu filant. De ce petit lait, appelé « lange Wei », Weigmann a isolé un micrococcus doué du pouvoir de produire cette altération du lait.

Il forme souvent des chaînettes, aussi l'a-t-on appelé *Streptococcus hollandicus*. Il ne liquéfie pas la gélatine. Ensemencé dans du lait stérilisé, il le rend déjà filant au bout de douze à quinze heures à 25 degrés. La réaction du lait devient en même temps acide.

g. En Norvège, on prépare également un produit spécial avec du lait filant, fort en usage dans ce pays et appelé « Tättemyelk ». On obtient ce lait filant en y ajoutant des feuilles de la grassette

(Pinguicula vulgaris) ou en donnant à manger de ces dernières aux vaches. Or, on a constaté la présence sur les feuilles de cette plante d'un microorganisme qui rend le lait filant et qui est peut-être identique à celui de la « lange Wei ». Ici la plante sert de véhicule au microbe.

h. Schütz a aussi isolé d'un lait visqueux un microcoque spécial, qui paraît, toutefois, ne pas jouer un grand rôle dans la pratique.

i. Le *bacille Guillebeauc*, également, dont nous avons parlé plus haut, rend le lait fortement filant. Comme il est présent dans les cas de mammite, le lait ne devient pas filant ultérieurement, mais possède ce défaut déjà à la traite.

j. L'agent le plus fréquent de cette maladie du lait, du moins en Suisse, est bien certainement un microcoque découvert par le professeur Guillebeau à Berne et appelé, par lui, *Micrococcus Freudenreichii*. Ce microorganisme a été trouvé près de Berne, dans une laiterie dont le lait, pendant longtemps, était devenu filant. Depuis, je l'ai rencontré dans de nombreux échantillons de lait filant, tant dans le canton de Berne que dans celui de Soleure, en sorte qu'ici, du moins, on peut le considérer comme la cause la plus fréquente de cette altération du lait. Il se montre sous forme de gros

microcoques d'un diamètre de 2 μ et plus; il est immobile et liquéfie la gélatine. Dans le lait stérilisé la température qui lui convient le mieux est celle de 20 degrés. Il le rend en peu de temps tellement visqueux qu'on peut l'étirer en minces filaments de 1/2 à 1 mètre de longueur. Dans du lait non stérilisé, cette altération est nettement apparente déjà après cinq heures. Ce microorganisme est doué d'une grande vitalité. Ainsi, M. Guillebeau l'a retrouvé vivant, en septembre, dans un lait dans lequel on l'avait inoculé en mars. Ces propriétés établissent qu'il trouve des conditions d'existence favorables dans les étables et qu'il est malaisé de l'en chasser. Il résulte des expériences de M. Guillebeau qu'inoculé dans la glande mammaire il ne réussit qu'avec peine à s'y maintenir vivant. Il n'est donc pas pathogène et il est, par conséquent, rare que l'on ait dans la pratique à rechercher la cause du lait filant dans une affection de la glande mammaire ; c'est presque toujours une infection du lait pendant ou après la traite qui le produit. Ce microorganisme meurt après une exposition de deux minutes à la température de l'eau bouillante. Il supporte, au contraire, la dessiccation pendant trois jours. Chez nous, en Suisse, on exclut le lait filant de la fabri-

cation du fromage. Je n'ai pas pu constater, il est vrai, qu'il produise du boursouflement, ce qui paraît d'ailleurs peu probable, vu qu'il ne dégage pas de gaz dans une mesure appréciable; on comprend, toutefois, qu'un lait aussi anormal empêche, par sa viscosité, la pâte du fromage de devenir bien homogène et qu'il puisse provoquer la formation de poches. Il faut donc, aussitôt que cette maladie apparaît dans une étable la combattre par une désinfection appropriée. Nous en parlerons plus loin, en détail, dans le chapitre sur la désinfection.

k. Bacterium Hessii. — Le même savant a trouvé sur une vache, dans un pâturage de l'Emmenthal (canton de Berne), un second microorganisme qui possède également le pouvoir de rendre la crème légèrement filante. C'est un bâtonnet très mobile, long de 3-5 μ et de 1,2 μ de largeur, qui rend aussi le bouillon très filant. Il liquéfie la gélatine. Mais, dès que le lait contient un peu de l'acide que ce microbe produit aux dépens du sucre de lait, la consistance visqueuse du lait disparaît. Dans les laiteries, cette espèce de viscosité ne pourra donc être qu'un phénomène essentiellement transitoire.

Bien que de nombreuses observations, ainsi

que nous le voyons, aient été faites sur le lait filant et sur les microbes qui en sont la cause, le mécanisme intime de ce phénomène nous est encore peu connu. Les recherches futures auront à fournir une explication exacte de cette altération du lait. Il est possible que, dans plusieurs cas, les microbes modifient les éléments mêmes du lait, de telle sorte qu'il devienne filant; dans d'autres cas, ils sécrètent peut-être une matière visqueuse (la formation des capsules chez l'*actinobacter Duclaux* plaiderait en faveur de cette hypothèse) qui, en se mêlant au lait, lui donnerait une consistance visqueuse et filante.

De quelques autres microorganismes du lait

Jusqu'ici nous avons parlé uniquement des microbes que l'on rencontre le plus souvent dans le lait. Mais il existe aussi un certain nombre de levures et de moisissures qui l'altèrent de diverses manières.

La plupart des levures qui parviennent accidentellement dans le lait n'y produisent aucune modification appréciable. On a cependant trouvé, ces dernières années, quelques levures douées du pouvoir de faire fermenter le sucre de lait en for-

mant de l'alcool et de l'acide carbonique. Duclaux a, le premier, décrit une levure de ce genre, le *Saccharomyces lactis*. Plus tard, Grotenfelt a étudié une autre levure qui fait cailler le lait, et qui forme aussi de l'alcool, mais en très petite quantité. Celle de Duclaux, par contre, donne peu d'acide lactique, mais beaucoup d'alcool. Kayser a également décrit une levure qui fait fortement fermenter le lait. Adametz, Weigmann et Mix ont, de même, étudié des levures analogues. A ces levures appartient aussi la levure qu'on trouve dans le *Képhir*. Le Képhir est un breuvage originaire du Caucase, que l'on fabrique avec du lait fermenté et qui se rapproche du koumys. Le képhir est fait avec du lait de vache, le koumys avec du lait de jument. L'agent de la fermentation est un champignon spécial, les *grains* de képhir, que l'on met dans du lait renfermé dans des bouteilles bien bouchées. Le lait subit alors une fermentation particulière due à l'action des microorganismes contenus dans ces grains de képhir et parmi lesquels se trouve aussi la levure que nous venons de mentionner ; c'est elle qui transforme le sucre de lait en alcool et acide carbonique. Mais, à elle seule, cette levure n'est pas capable de décomposer le sucre de lait. Il lui faut le concours

d'autres microbes qui modifient le sucre de lait de façon à le rendre attaquable par la levure et qui provoquent en même temps une fermentation lactique. Le képhir est donc un nouvel exemple d'une symbiose de microbes, dont le produit final est principalement de l'alcool, de l'acide lactique et de l'acide carbonique. Le képhir est un breuvage rafraîchissant qui rend des services dans plusieurs maladies.

Une autre levure a été découverte par M. Schaffer sur des fromages qui s'étaient recouverts de taches rouges. Cette levure a été étudiée par Demme et appelée par lui *Saccharomyces ruber* (levure rouge). Après une désinfection soigneuse, au moyen de l'acide sulfureux, des cinq étables qui s'étaient trouvées être la cause de cette maladie du fromage, la maladie prit fin.

On trouve aussi des moisissures dans le lait et certaines espèces trouvent même leur emploi dans la fabrication du fromage. Ainsi, le *Penicillium glaucum*, une mucédinée très répandue, dont les gazons verdâtres envahissent si souvent le pain, les confitures, etc., est un des principaux agents de la maturation du fromage de Roquefort. On le cultive en grand sur des tranches de pain, on le râcle et on l'incorpore à la pâte du fromage. Il lui donne

son goût spécial et les stries verdâtres que l'on trouve dans ce fromage sont constituées par des agglomérations de cette mucédinée.

Dans les fromages mous, tels que le fromage de Brie, les moisissures jouent de même un rôle prépondérant et on favorise leur croissance à la surface de ces fromages qu'ils pénètrent de leurs diastases ou ferments chimiques. C'est pour cela que ces fromages ne sont pas lavés et nettoyés de la même manière que les fromages à pâte dure de l'Emmenthal ou de Gruyère. Chez ces derniers, on redoute, au contraire, l'action des moisissures qui en modifieraient la saveur spéciale, aussi tient-on leur surface aussi propre que possible.

Une autre mucédinée mérite également d'être citée en raison de sa présence fréquente dans le lait et les produits de laiterie, l'*oïdium lactis*, que nous avons brièvement décrit dans la partie générale. Lorsqu'on laisse du lait se cailler et qu'on l'abandonne à lui-même, on voit souvent se former, au bout de quelques jours, à la surface une peau épaisse qui est constituée par les hyphes et les oïdies de ce microorganisme.

Fourrages et maladies du lait

Bien que, dans ce qui précède, nous soyons loin d'avoir passé en revue tous les microbes qui peuvent agir d'une façon ou d'une autre sur le lait, ces exemples suffisent, cependant, pour nous montrer quel rôle nuisible ces petits êtres peuvent, dans bien des cas, exercer dans la laiterie et nous aurons à rechercher les moyens par lesquels nous pourrons nous défendre contre eux. Mais, nous voulons d'abord, en nous guidant d'après les faits que nous venons d'exposer, examiner jusqu'à quel point il peut exister une corrélation entre les fourrages et les maladies du lait et du fromage. Chez nous, en Suisse, une opinion très répandue fait dépendre celles-ci du fourrage et bien souvent on s'en prend à ce dernier dès que des boursouflements, la maladie du lait filant, etc., font leur apparition. En tant qu'il s'agit d'altérations du lait qui se font remarquer déjà à la traite, ainsi, dans certains cas, le goût amer du lait, il est exact, comme nous l'avons vu plus haut, que la cause peut en être recherchée dans la nature du fourrage. Mais, lorsqu'il s'agit d'altérations qui ne

deviennent visibles qu'un certain temps après la traite, soit après la fabrication du produit, le boursouflement des fromages par exemple, le lait bleu, etc., nous avons vu que les résultats des recherches bactériologiques démontrent d'une façon péremptoire que, dans ces cas, les bactéries seules peuvent en être la cause *directe*, et que l'on se tromperait en cherchant dans le fourrage la cause du boursouflement d'un fromage.

On peut, toutefois, admettre que le fourrage puisse exercer une action *indirecte* sur ces phénomènes, car il ne faut pas oublier que le fourrage peut aussi être le véhicule d'espèces bactériennes nuisibles. Ainsi, quand on nourrit les vaches avec des résidus de distilleries qui sont toujours très riches en microbes, on introduit ces derniers dans l'atmosphère de l'étable. Ils peuvent également traverser intacts le tube digestif des vaches et parvenir avec les matières excrémentielles dans le lait. En traitant du lait filant nous avons, de même, cité un fait analogue, dans le cas où l'on provoque la formation du lait filant en donnant à manger aux vaches des feuilles de la grassette sur lesquelles se trouvent les bactéries qui causent cette altération du lait. Celles-ci s'introduisent dans le lait avec la poussière ou les matières excrémentielles et rendent le

lait filant. C'est, peut-être, par là que s'explique l'apparition des maladies du lait à l'occasion d'un changement de fourrage; mais la cause *directe* devra toujours être cherchée dans l'action des microbes.

Conservation et stérilisation du lait

Nous avons donc vu que le lait contient toujours des germes qui, suivant leur nombre et la température, doivent l'altérer plus ou moins rapidement et qu'il peut aussi fréquemment devenir le véhicule de microbes pathogènes, soit que ceux-ci s'y trouvent dès le début, comme le bacille de la tuberculose, soit qu'ils ne l'infectent que plus tard à la suite de circonstances fortuites. C'est le cas, par exemple, pour les bacilles du typhus, du choléra, etc. On pourra, il est vrai, écarter ces derniers, la plupart du temps, par une construction plus rationnelle des étables (mesures en vue d'éviter une infiltration de purin dans l'eau de fontaine, etc.) et par l'observation d'une propreté scrupuleuse. Cependant, toutes ces mesures, bien qu'elles diminuent considérablement le nombre des bactéries vulgaires du lait et qu'elles prolongent par cela sa

conservation et empêchent ses maladies, n'empêcheront pas de sentir souvent le besoin d'avoir, surtout dans le commerce, un lait encore plus durable et absolument purgé de tous les germes pathogènes qui pourraient s'y trouver. Les hygiénistes ne cesseront de le réclamer et non sans quelque raison. Mais, ces deux conditions que l'on recherche maintenant : absence certaine de germes pathogènes et longue conservation, ne sont pas identiques; ainsi, l'on peut débarrasser un lait de ses microbes pathogènes sans qu'il puisse pour cela se conserver indéfiniment, vu qu'il est plus facile, en général, de les éliminer que les microbes vulgaires causes des altérations ordinaires du lait, comme aussi l'on peut assurer sa conservation pour un temps suffisant sans avoir détruit en même temps les germes pathogènes (conservation par le froid, par exemple). Nous devons donc examiner dans chaque cas particulier jusqu'à quel point les procédés proposés répondent à ces deux conditions. En ce qui concerne la conservation du lait, nous aurons à distinguer entre sa conservation illimitée, autrement dit sa *stérilisation*, et une conservation temporaire seulement, permettant de le faire parvenir en parfait état entre les mains du consommateur, la *pasteurisation* par exemple.

Pour remplir ce double but, il n'y a qu'un moyen, qui consiste à éliminer avec les bactéries pathogènes les bactéries vulgaires ou, du moins, à entraver l'action de ces dernières, puisqu'elles sont la cause des altérations du lait.

De quelle façon pouvons-nous arriver à ce résultat ? Deux catégories seulement d'agents se présentent à nous, les agents physiques et les agents chimiques.

Nous commencerons par ces derniers.

I. — Agents chimiques de conservation et de stérilisation

Nous avons vu précédemment que toutes les substances qui sont un poison pour le protoplasme vivant le sont aussi pour les bactéries. En ajoutant de semblables substances au lait on tuerait donc les microbes qu'il peut contenir, mais il va de soi que l'on ne peut songer à se servir de corps nuisibles à la santé. Un lait additionné de ceux-ci ne pourrait plus être consommé sans danger. Il faut donc exclure tous les poisons, tels que le sublimé, l'acide phénique, etc.

Les substances que l'on a tenté d'employer peuvent être groupées en trois catégories.

a. Les substances que l'on suppose, en raison de leur alcalinité, susceptibles de neutraliser l'acidité qui se produit dans le lait et de retarder ainsi sa coagulation (sels alcalins, carbonate et bicarbonate de soude).

b. Les substances qui pourraient, sans présenter de danger, entraver l'action des ferments organisés ou les tuer (ainsi l'acide salicylique et l'acide borique).

c. Les substances qui pourraient remplir ces deux conditions (ainsi le borax et la chaux).

Lazarus a publié sur l'emploi de ces produits chimiques des recherches soigneuses auxquelles nous empruntons ce qui suit :

Tout d'abord, on ne peut songer à incorporer ces produits au lait qu'à des doses qui n'en altèrent pas le goût et qui ne sauraient non plus présenter d'inconvénients, spécialement pour les enfants et les malades. Comme doses *maxima* Lazarus admet par litre :

Carbonate de soude	3	grammes.
Bicarbonate de soude	3	—
Acide borique	1-2	—
Acide salicylique	0,75	—
Borax	4	—
Chaux	1,5	—

Disons, toutefois, de suite que même les doses indiquées seraient dans quelques pays en conflit avec les règlements de police. Aussi pensons-nous, en parlant de certains procédés souvent préconisés pour la conservation du lait, plutôt à l'intérêt théorique qui découle de ces expériences, qu'à l'intérêt pratique qui pourrait en résulter. Nous verrons, en effet, que les résultats auxquels aboutit Lazarus sont de nature à plutôt déconseiller les essais de conservation du lait par des moyens chimiques.

Dans ses expériences, Lazarus procédait de la façon suivante : le lait trait sous ses yeux était mélangé avec les substances dont il voulait expérimenter l'action et réparti par portions de 10 centimètres cubes dans des tubes à essai. Ceux-ci étaient alors stérilisés et ensemencés avec des cultures pures de divers microbes (0,1 centimètre cube de culture de bouillon). On faisait de même avec du lait non additionné des mêmes substances et avec du lait cru non stérilisé, mais trait aussi proprement que possible dans des vases stérilisés. De suite après l'ensemencement, on déterminait le chiffre des bactéries ensemencées dans le lait et les tubes étaient tenus à diverses températures (22° et 35°) ; après trois, six, neuf, douze et vingt-

quatre heures, on procédait alors à une nouvelle numération des bactéries. De cette manière, on pouvait constater si l'adjonction de l'une ou l'autre substance avait entravé le développement des bactéries ou non.

1. *Expériences avec le carbonate et le bicarbonate de soude*. — En premier lieu, Lazarus put constater que, sur soixante-quatre échantillons de lait pris sur le marché, quarante étaient additionnés de ces substances, preuve que surtout dans les grandes villes les laitiers ont fréquemment recours à ce procédé dans l'espoir de prolonger la conservation de leur lait. Voyons maintenant le résultat de ces expériences. Dans le lait stérilisé, l'apparition d'une réaction acide fut retardée, à 35 degrés, de six à douze heures, à 22 degrés de douze à vingt heures. Dans le lait non stérilisé, au contraire, la coagulation se produisit, généralement, aussi rapidement dans le lait traité chimiquement que dans celui auquel on n'avait rien ajouté; ce fait curieux provient de la présence dans le lait non stérilisé de microbes producteurs de présure dont le développement est, en effet, favorisé par les alcalis. Ce que l'on gagne d'un côté en entravant l'action des ferments lactiques est ainsi perdu de l'autre par les conditions favorables

que l'on crée aux microbes producteurs de présure et, comme résultat final, on a un lait qui ne se conserve pas mieux qu'avant. En ce qui concerne, en outre, le résultat de ce traitement à l'égard des microbes pathogènes, ces deux substances se montrèrent, aux doses expérimentées, dépourvues de toute action nuisible sur eux ; la croissance des bactéries cholériques, auxquelles une réaction alcaline du terrain convient parfaitement, était au contraire favorisée. Aux doses employées les alcalis sont donc sans action sur les germes pathogènes et d'une utilité fort problématique en ce qui concerne la conservation du lait.

2. *Acide salicylique*. — L'addition de 0,75 gramme par litre se fait déjà sentir au goût. Cette substance est celle qui retarde le plus la coagulation du lait. Ainsi, dans du lait stérilisé, ensemencé avec le bacille lactique de Hueppe, la coagulation est retardée de deux à trois jours. Les bacilles du choléra sont tués en six à vingt-quatre heures suivant la température, mais pas les bacilles typhiques dont la croissance est à peine ralentie. L'acide salicylique n'est donc pas, à cette dose, un agent de destruction sûr pour les germes pathogènes, et les savants sont, en outre, loin d'être d'accord au sujet de son innocuité. En

France, en particulier, les médecins s'opposent à son emploi pour la conservation des substances alimentaires, pour le motif que son emploi prolongé pourrait être nuisible à la santé.

3. *Acide borique.* — D'après A. Mayer, l'acide borique devrait notablement faciliter la conservation du lait. Dans les expériences de Lazarus, au contraire, son action sur les bactéries s'est montrée très faible et la coagulation s'est produite en même temps dans le lait traité et dans le lait non additionné d'acide borique. Il s'est montré, en particulier, dénué de tout pouvoir microbicide à l'égard des germes pathogènes.

4. *Borax.* — Cette substance n'exerce qu'une faible action sur les bactéries, mais peut toutefois retarder la coagulation de vingt-quatre heures. Il diminue à peine le nombre des germes pathogènes.

5. *Chaux.* — Cette substance est douée, en général, de propriétés fortement microbicides, qui en font un bon désinfectant et l'on aurait pu s'attendre à ce qu'elle conservât le lait. Lazarus l'a, au contraire, trouvée absolument inactive; ce qui s'explique par le fait que les carbonates et les phosphates du lait forment avec la chaux des combinaisons inactives.

6. *Eau oxygénée.* — D'après Heidenhain,

l'adjonction d'une partie d'eau oxygénée sur dix parties de lait prolongerait sa conservation de trois à huit jours, mais de telles doses ne peuvent être employées dans la pratique et, d'ailleurs, l'eau oxygénée du commerce est rarement pure et contient souvent du chlorure de baryum, un poison assez violent.

En résumé, l'addition de toutes ces substances chimiques, même si elle permettait de prolonger la conservation du lait, ne saurait être recommandée, car il est difficile d'affirmer que même celles qui, au premier abord, paraissent inoffensives ne puissent pas, à la longue, nuire à la santé. Aussi vaudrait-il mieux, pour prévenir leur emploi abusif, les proscrire tout simplement.

II. — Agents physiques de conservation et de stérilisation

1. *Filtration.* — Les moyens purement mécaniques d'épuration, tels que la filtration à travers des bougies de porcelaine (filtres Chamberland et Berkefeld), par lesquels on peut débarrasser les liquides des germes qu'ils contiennent, ne peuvent

pas s'employer pour le lait, parce que le filtre retient les globules de graisse et la caséine en suspension. Le liquide filtré n'est plus que du petit-lait.

2. *Électricité.* — Il est possible qu'une des nombreuses applications de l'électricité nous donne, dans l'avenir, le moyen de détruire les microorganismes contenus dans un liquide sans amener aucune altération dans ce dernier. Jusqu'ici, toutefois, aucun fait ne permet d'espérer une solution très prochaine de ce problème.

3. *Froid.* — Comme nous le savons, une basse température est peu propice à une multiplication rapide des bactéries ; c'est pourquoi on conserve le lait, dans une certaine mesure, en le refroidissant rapidement après la traite. Par contre, l'espoir d'arriver, par la congélation, à rendre le lait susceptible de supporter de longs transports ou même à le stériliser ne s'est pas réalisé. Un premier défaut de cette méthode réside en ce que la crème monte pendant la congélation ; de sorte que la crème et le petit-lait se prennent séparément et qu'ils se mélangent mal en dégelant. En outre, les germes pathogènes que pourrait contenir le lait ne sont pas tués par ce procédé, puisque, ainsi que nous l'avons vu, certaines espèces microbiennes pathogènes peuvent supporter un froid de

— 130 degrés ; un tel lait ne répondrait donc pas aux exigences des hygiénistes.

4. *Conservation par la chaleur.* — De tout temps, on a eu recours à la chaleur pour conserver le lait. Chaque ménagère sait par expérience que le lait cuit et refroidi se conserve plus longtemps que le lait cru. Ce fait est facile à comprendre après ce que nous avons dit des microbes du lait. En effet, la cuisson tue la plupart des microphytes et le lait ne s'altère, dans la suite, que lorsque les germes qui ont résisté ont eu le temps de se multiplier de nouveau suffisamment. Cependant, cette méthode présente deux inconvénients : d'abord le goût du lait est légèrement altéré, surtout quand on le chauffe sur le feu, et une partie du lait s'évapore pendant la cuisson, ce qui modifie sa composition ; ensuite elle n'assure pas une conservation illimitée du lait, attendu que de nombreux microbes résistent à ce traitement. Pour empêcher le lait de se brûler, on peut, il est vrai, le chauffer au bain-marie et l'on a inventé différents appareils reposant sur ce système spécialement en vue d'obtenir dans l'alimentation des enfants un lait à peu près pur de germes. Les plus connus sont ceux du Dr Egli-Sinclair et de Soxhlet. Ils se composent d'un récipient de fer-blanc rempli d'eau, que l'on

met sur le feu et dans lequel on peut placer un certain nombre de petites bouteilles qu'on chauffe dans l'eau bouillante pendant environ un quart d'heure; chacune des bouteilles est destinée à un repas de l'enfant. Après le chauffage, ces bouteilles, pour lesquelles on a inventé d'ingénieux systèmes de bouchage, sont refroidies. On ne les ouvre qu'au moment du repas, en sorte que dans l'intervalle aucun microbe du dehors ne peut les infecter, fait qui se produit facilement quand on fait cuire toute la provision à la fois dans un seul récipient que l'on est obligé d'ouvrir plusieurs fois par jour. Bien qu'avec ce procédé le lait ne soit pas absolument privé de germes, c'est-à-dire stérilisé, on désigne généralement ces petits appareils sous le nom d'appareils à stériliser le lait. Le principal avantage de ce procédé de conservation consiste en ce qu'il tue, certainement, au moins tous les microbes pathogènes.

On a cherché à perfectionner les méthodes de chauffage du lait de deux côtés, suivant que l'on poursuit avant tout la destruction certaine de tous les microbes ou que l'on cherche à lui conserver son goût normal, côté de la question qui prend une grande importance dans les cas où le lait est destiné à être écrémé et à fabriquer du beurre.

On est arrivé ainsi à créer deux procédés distincts, la *stérilisation* proprement dite et la *pasteurisation*.

a. Stérilisation. — Par stérilisation on comprend, ainsi que nous le savons déjà, une opération qui assure l'absence de tous germes dans un liquide. Or, il n'est pas facile de débarrasser le lait de *tous* ses microbes, car il en renferme presque toujours de très résistants et il faut faire agir pendant environ un quart d'heure une température de 110 à 115 degrés pour obtenir un résultat absolument sûr. On peut le faire dans de grandes marmites hermétiquement closes chauffées sur le feu ou dans des appareils dans lesquels on fait passer de la vapeur chauffée à la température voulue. Ces appareils doivent être naturellement construits de façon à pouvoir supporter la pression. L'inconvénient de cette méthode est que ces hautes températures altèrent le lait plus encore que la simple cuisson. Le lait se caramélise et prend un goût de brûlé, ce qui est dû à la présence du sucre de lait. Les personnes adultes habituées au goût du lait frais ont parfois de la peine à s'habituer à ce goût de brûlé; aussi ces laits stérilisés à de hautes températures s'emploient-ils surtout dans l'alimentation des enfants, pour lesquels la stérilité abso-

lue du lait est le point principal. On commence, cependant, à modifier et à améliorer ce procédé en vue d'obvier à une trop grande altération du lait. D'abord, on exige plus de propreté dans l'opération de la traite. Un lait trait avec propreté se stérilise, en effet, bien plus facilement, même à des températures moins élevées, qu'un lait très riche en bactéries dès la traite, par suite du peu de propreté avec laquelle on l'a recueilli; la nature non seulement, mais aussi le nombre des bactéries jouent ici un rôle important. De plus, on a remarqué qu'une infection se produit fréquemment au moment où l'on bouche les bouteilles; pour cela, on a inventé des appareils dans lesquels les bouteilles sont fermées encore sous pression avant d'ouvrir le couvercle. La société pour la stérilisation du lait de Stalden (canton de Berne), de création récente, emploie par exemple un appareil de ce genre (procédé Neuhauss-Groenwald-Oehlmann).

Grâce à ces perfectionnements, il semble que l'on arrive à obtenir presque toujours un lait parfaitement stérile sans aller jusqu'à 115 degrés. Du moins les spores qui résistent parfois aux températures employées sont alors tellement affaiblies qu'elles germent rarement, surtout si l'on prend la précaution de tenir les bouteilles dans un endroit frais.

Aussi a-t-on déjà pu faire subir de longs voyages à ce lait sans le voir s'altérer. Ainsi que nous l'avons dit, les soins de propreté apportés à la traite sont un facteur essentiel de la réussite. Il est superflu d'insister sur l'importance qu'il y a à trouver le moyen d'assurer la conservation du lait d'une manière irréprochable. Dans bien des pays les vaches laitières font défaut et il est impossible de s'y procurer cet aliment si nécessaire, le lait. Dans les grandes villes également les difficultés d'approvisionnement favorisent souvent les adultérations du lait. Or, on peut obvier à tous ces inconvénients dès qu'on a un lait pouvant supporter de longs transports. De plus, cette nouvelle industrie assure aux pays producteurs de lait une source certaine de bénéfices et ouvre de nouveaux débouchés au lait qu'ils produisent. Espérons donc que l'on réussira à éviter les défauts que peuvent encore présenter les procédés actuels et qui, comme nous l'avons dit, consistent soit dans une caramélisation du lait, quand on recherche avant tout une stérilisation absolue, soit dans une plus grande inconstance des résultats quand on procède avec plus de ménagements.

b. Pasteurisation du lait. — Dans les cas où il suffit d'assurer la conservation du lait pour un

temps limité et où on cherche surtout à ne le modifier ni dans son goût ni dans son apparence, on recourt avec avantage à la *pasteurisation.*

Nous avons vu dans la première partie de cet ouvrage qu'une température de 60 à 70 degrés suffit pour tuer la plupart des bactéries adultes et que seules les spores lui survivent. Pour empêcher certaines maladies du vin et de la bière, Pasteur avait déjà indiqué un procédé consistant à chauffer ces liquides à 60 degrés environ, procédé auquel on a donné son nom. Mais, quand il s'agit du vin ou de la bière, la tâche est plus facile parce que ces liquides ne sont pas d'aussi bons terrains nutritifs pour la plupart des microbes que le lait. Les germes qui ont résisté à la pasteurisation s'y multiplient moins facilement que dans ce dernier, aussi la pasteurisation du vin et de la bière produit-elle un résultat plus durable que celle du lait. Cependant, ainsi que l'ont démontré les premières expériences, la pasteurisation du lait en facilite beaucoup la conservation. Nous aurions trop à faire à décrire les nombreux appareils qui ont été imaginés en vue d'appliquer au lait le principe de la pasteurisation. A cet égard, nous renvoyons le lecteur à un excellent petit ouvrage publié en allemand par le Dr Weigmann: *Les mé-*

thodes de la conservation du lait, spécialement la pasteurisation et la stérilisation, qui traite à fond cette question [1]. En général, on peut diviser les appareils de pasteurisation en deux types : ceux dans lesquels le lait n'est porté que pendant peu de temps à une température de 70 à 75 degrés et ceux dans lesquels il est chauffé plus longtemps un peu au-dessous de 70 degrés. Comme exemple du premier type, on peut citer l'appareil de Thiel, duquel se rapprochent toute une série d'appareils analogues. Dans l'appareil de Thiel, le lait coule lentement en couche mince sur une surface ondulée de métal chauffée par la vapeur et pénètre dans un réfrigérant après avoir atteint une température de 70 à 75 degrés.

Fleischmann a fait un certain nombre d'expériences sur la conservation du lait ainsi traité, desquelles il résulte que celui-ci peut se conserver en moyenne trente heures de plus lorsqu'on le maintient ensuite à 12 à 14 degrés. Van Geuns a constaté qu'un tel lait s'acidifiait d'un à trois jours plus tard que du lait ordinaire.

En ce qui concerne la persistance des germes

[1] Dr A. Weigmann, *Die Methoden der Milchconservirung, speciell das Pasteurisiren und Sterilisiren der Milch*. Brême, 1893, Heinsius, éditeur.

pathogènes dans le lait ainsi pasteurisé, les expériences de Lazarus ont montré que les bacilles cholériques sont tués dans l'appareil de Thiel à 62 à 70 degrés, mais non les bacilles typhiques. Ce n'est qu'en élevant la température à 75 degrés qu'on réussit à les détruire la plupart du temps. Le défaut de ces appareils réside en ce que le temps pendant lequel le lait est chauffé en coulant le long de la surface métallique est réellement trop court. Aussi a-t-on, ces dernières années, essayé de remplacer les appareils de ce genre par des appareils dans lesquels le lait peut être porté à la température voulue pendant un temps plus long : on ne dépasse pas, en revanche, la température de 68 à 69 degrés, attendu que, comme l'a prouvé Duclaux, c'est précisément à la température de 70 degrés que se produisent les altérations du lait qu'il importe d'éviter. Dans ces appareils, le lait est chauffé par la vapeur et peut être constamment agité par un mécanisme spécial pour empêcher qu'il ne prenne un goût de brûlé. Bitter a exécuté des recherches soigneuses au sujet de ce nouveau procédé de pasteurisation, qui démontrent son efficacité. Cet expérimentateur a d'abord examiné si les bactéries pathogènes sont sûrement détruites par ce moyen. Voici les résultats de ses expériences.

Bacille de la tuberculose. — Du lait mélangé avec des expectorations de phtisiques contenant des bacilles de la tuberculose fut chauffé pendant des temps divers à 68-69 degrés. Après le chauffage, des cobayes, animaux très sensibles à l'infection tuberculeuse, furent inoculés avec ce lait. Déjà, au bout de vingt minutes, le lait n'était plus virulent, tandis que tous les animaux inoculés avec une portion non pasteurisée du même lait contractèrent la tuberculose.

Typhus. — Ici, Bitter ajouta au lait des cultures de typhus pures, de façon à avoir 1 million de bacilles par centimètre cube de lait, chiffre bien au-dessus de celui qui peut se rencontrer dans la pratique. En outre, dans ses expériences, Bitter soumettait à la pasteurisation, toujours 40 litres de lait à la fois pour éviter le reproche d'avoir opéré sur des quantités trop petites et d'avoir, par conséquent, obtenu des résultats inapplicables à l'industrie. Après la pasteurisation, il rechercha par la méthode des cultures si les bacilles étaient encore vivants en ensemençant le lait dans des milieux nutritifs appropriés, attendu qu'il n'existe point d'espèces animales auxquelles on puisse inoculer le typhus avec succès. Il fut constaté qu'un chauffage de quinze minutes à

68 et 69 degrés tue sûrement le bacille typhique.

Les bacilles du choléra et de la diphtérie sont moins résistants que les bacilles de la tuberculose et du typhus. On peut donc admettre que ce procédé doit aussi les tuer.

Autres microbes pathogènes. — Il ne put être fait d'expériences au sujet de la scarlatine, de la rougeole et d'autres maladies infectieuses, dont les agents morbifiques ne sont pas encore connus. Cependant, si un lait contenait leurs microbes supposés, on pourrait s'attendre à ce que la pasteurisation les détruirait également, puisque, comme le démontre l'expérience, la désinfection des locaux n'est pas, dans ce cas, plus difficile que pour les autres maladies.

Il résulte donc de ces recherches qu'une pasteurisation de vingt à trente minutes à 68 et 69 degrés tue sûrement les germes pathogènes que peut contenir le lait. Un lait ainsi traité répond, par conséquent, à toutes les exigences des hygiénistes.

Voyons maintenant comment les saprophytes, auxquels appartiennent les microbes habituels du lait, supportent ce traitement, en d'autres termes, jusqu'à quel point le lait pasteurisé peut se conserver. Pour déterminer le nombre des bactéries résistant à la pasteurisation, Bitter en fit la numé-

ration avant et après la pasteurisation. Il trouva, en premier lieu, qu'un chauffage de vingt minutes diminue tout autant leur nombre qu'un chauffage de trente-cinq minutes. On pourra donc, dans la pratique, s'en tenir à vingt minutes. Voici quelques chiffres qui démontrent l'efficacité du procédé :

Avant la pasteurisation :	102,600	bact.	par	centimètre cube
— —	251,600	—	—	—
— —	25,000	—	—	—
— —	37,500	—	—	—
— —	94,000	—	—	—
Après la pasteurisation :	2-3	—	—	—
— —	30-40	—	—	—
— —	3-5	—	—	—
— —	2-5	—	—	—
— —	0	—	—	—

La pasteurisation effectuée d'après ce procédé donne donc de meilleurs résultats que la pasteurisation dans l'appareil de Thiel. Van Geuns, qui opérait avec ce dernier, trouvait, en effet, 5,000-9,000 bactéries par centimètre cube après la pasteurisation.

Dans une série de dix-neuf expériences que j'ai faites moi-même, j'ai pu confirmer, en général, les résultats de Bitter; cependant, comme je les faisais en été et avec du lait pris sur le marché, tandis que Bitter pasteurisait le lait immédiatement après la traite et que j'opérais, par conséquent, avec un

lait plus riche en microbes, j'ai obtenu, en moyenne, des chiffres un peu plus élevés. D'habitude, j'ai trouvé, après la pasteurisation, de dix à quarante bactéries par centimètre cube, quelquefois aussi plusieurs centaines et jusqu'à un millier. Cette différence dans nos résultats est facilement explicable, car le nombre et la nature des bactéries du lait varient constamment. Un jour, on y trouve des germes très nombreux et très résistants ; une autre fois, le contraire a lieu. Pour voir jusqu'à quel point la conservation du lait est augmentée, Bitter exposa des laits pasteurisés à différentes températures. Le lait était censé être altéré dès qu'il ne supportait plus la cuisson sans tourner. Ces expériences démontrèrent que la température est ici, de même, un facteur important. A une température de plus de 30 degrés, température éminemment propice à la multiplication des microbes ayant survécu à la pasteurisation, le lait ne se conservait guère que six à huit heures de plus que le lait non pasteurisé. A 25 degrés, il pouvait se conserver dix heures de plus ; à 23 degrés, vingt heures de plus, et, à 14 et 15 degrés, cinquante à soixante-dix heures de plus. Ceci prouve la nécessité d'une réfrigération aussi rapide que possible après la pasteurisation. Les résultats sont

aussi très différents, suivant que le lait pasteurisé est conservé dans des vases stérilisés ou non. Les chiffres suivants nous édifient sur ce point.

Le lait avait tourné à 20-24 degrés :

Dans des vases stérilisés.	Dans des vases non stérilisés.
après 46 heures.	après 24 heures.
— 96 —	— 48 —
— 72 —	— 24 —
— 130 —	— 65 —
— 86 —	— 48 —
— 104 —	— 66 —
— 46 —	— 18 —
— 80 —	— 48 —

Ces huit expériences montrent que l'on ne saurait apporter trop de soins de propreté au traitement du lait, de soins assez méticuleux même, dirons-nous, car les précautions les mieux combinées deviennent inutiles dès que l'on commet la plus petite négligence. Que l'on n'oublie donc pas combien il importe de traiter par la vapeur ou l'eau bouillante tous les récipients et les instruments destinés à être mis en contact avec le lait. Pour la pratique, les expériences de Bitter promettent d'utiles résultats. A 20 degrés le lait cru qui n'a pas été pasteurisé est déjà gâté après vingt heures ; à 27-30 degrés, déjà après quinze heures. Le lait pasteurisé, au contraire, sera encore tout à fait bon après trente heures, en admettant, par exemple,

qu'il reste environ dix heures à la température de la cave avant le transport, qu'il soit ensuite exposé pendant ce dernier à une température de 22 à 23 degrés pendant dix heures à peu près (on peut pour le transport utiliser la fraîcheur des nuits), qu'il se passe encore quatre à cinq heures avant que du marché il arrive entre les mains du consommateur et que celui-ci le garde encore quelques heures avant de s'en servir. Bitter démontra par l'expérience suivante que cette hypothèse se réalisera dans la pratique. Il maintint un lait pasteurisé pendant dix heures à 14 degrés, puis pendant vingt-deux heures à 23 degrés et, enfin, pendant sept heures à 30 degrés. Il était encore absolument normal et se conserva encore pendant sept heures à 23 degrés.

Il est possible qu'on soumette plus tard aussi la crème à la pasteurisation, du moins dans les laiteries où les maladies du lait sont fréquentes, soit en vue d'un transport à grande distance, soit qu'on veuille en faire du beurre, car la crème pasteurisée se prête très bien à cette fabrication. Le rendement de beurre est peut-être un peu moindre, mais cet inconvénient sera compensé par la supériorité du produit.

Nous avons déjà parlé plus haut d'une autre

application importante de la pasteurisation en traitant de l'emploi des cultures pures selon le procédé de Weigmann pour aigrir la crème destinée à la fabrication du beurre.

Enfin, on pourrait ajouter encore que le lait pasteurisé se coagule très bien sous l'action de la présure ; on peut donc en faire du fromage. De cette manière il est possible d'étudier l'action de diverses bactéries sur la maturation du fromage : en effet, on tue d'abord par la pasteurisation la plupart des microbes du lait et on n'a plus qu'à y ajouter les cultures des espèces bactériennes dont on veut étudier l'action.

Règles à suivre en cas de maladies du lait

Dans les chapitres qui précèdent, nous avons donc appris à connaître la cause de diverses maladies du lait et nous sommes maintenant, grâce à ces connaissances, en mesure de prévenir, par des mesures appropriées, l'apparition de ces maladies, ce qui est toujours plus facile que de se débarrasser d'une maladie une fois établie. Cependant, malgré l'observation de toutes les règles indiquées par la prudence, on voit quelquefois certaines maladies du lait prendre naissance, comme

nous-même restons aussi sujets à différentes affections, malgré l'observation d'une excellente hygiène et d'un bon régime. Que faire alors, lorsque le lait d'une fromagerie ou d'une laiterie s'altère? En premier lieu, il faut rechercher la cause du mal et écarter les conditions qui le favorisent. Là, où on emploie de grandes quantités de laits divers mélangés, il faut arriver à découvrir d'où vient le lait contaminé en procédant à une visite minutieuse de toutes les étables. Comme il arrive aussi, ainsi que nous l'avons vu, que le lait de vaches atteintes de mammites renferme des microorganismes nuisibles qui peuvent parfois provoquer le boursouflement des fromages, il faut de même soumettre les vaches à l'examen du vétérinaire.

Selon la nature de la maladie, l'examen du lait sera plus ou moins facile; dans ce dernier cas, lorsqu'il faut recourir à l'isolement et à la culture des microbes ou à des analyses chimiques délicates, cet examen ne pourra se faire que dans un laboratoire chimique ou bactériologique bien outillé, auquel on enverra des échantillons du lait suspect, dans des bouteilles stérilisées ou, du moins, rincées plusieurs fois à l'eau bouillante; si la distance est grande on fera bien de les envoyer dans de la glace pour prévenir une multiplication trop rapide

des microbes. Dans d'autres cas, l'examen pourra être facilement pratiqué à la fromagerie même.

Lorsqu'on constate, par exemple, un boursouflement des fromages, il faut établir quel est le lait qui contient les microbes de cette maladie, microbes que nous connaissons aujourd'hui en partie. Un procédé bien connu et très simple est celui de Walter, chimiste cantonal à Soleure, dit « l'examen du lait par le lacto-fermentateur ». Le lait, réparti dans des verres, est exposé dans un bain-marie à une température uniforme de 37 degrés environ et doit pouvoir y rester, s'il est bon, de dix à douze heures sans se cailler ni devenir le siège de fermentations anormales.

On a construit de bons appareils à fermentation composés d'un bain-marie avec lampe à esprit-de-vin, et avec les verres et leurs couvercles. Ils sont en vente chez M. H. Dinkelmann, négociant en fer, à Berthoud, canton de Berne.

Cet examen du lait par le lacto-fermentateur est, on le voit, une méthode toute bactériologique ; on part, en effet, de l'idée que, si le lait renferme un trop grand nombre de microbes ou des bactéries produisant beaucoup de gaz, ceux-ci pourront, à l'aide de cette température favorable, développer leur action nuisible. Aussi voit-on sou-

vent le lait caillé dans ces appareils présenter des signes manifestes de boursouflement, d'où l'on conclut qu'il est impropre à la fabrication du fromage. Mais, si l'on veut obtenir de bons résultats par ce procédé, il faut veiller à ce que les verres contenant le lait aient été bien stérilisés. Nous avons appris à connaître, à l'occasion de la pasteurisation du lait, l'importance que présente la stérilité des récipients dans lesquels on conserve le lait, et nous avons vu que le lait pasteurisé tenu dans des vases stériles se conserve presque deux fois aussi longtemps que celui qui est tenu dans des vases non purgés de germes. Si l'on employait des verres non stérilisés, ceux-ci pourraient, dans le cas où ils contiendraient beaucoup de bactéries nuisibles, infecter le lait et y provoquer des fermentations qui, sans cela, ne se seraient pas produites. Le mieux est de stériliser les verres pendant une demi-heure par la vapeur. Cela est facile à faire dans les fromageries et dans les laiteries qui ont la vapeur à leur disposition. Une sorte de caisse ou de réservoir en métal (fer-blanc ou cuivre), dans lequel on peut placer les verres et leurs couvercles est mis par un tuyau en communication avec la machine à vapeur, de façon à ce que la vapeur entre par en bas et sorte par en haut, c'est

tout ce qu'il faut. Là où il n'y a pas moyen d'établir un tel appareil à stériliser, il faut se contenter de laver les verres, après les avoir bien nettoyés avec de l'acide sulfurique concentré et de les rincer ensuite plusieurs fois de suite avec de l'eau ayant bouilli pendant un quart d'heure. Il faut naturellement stériliser de même les couvercles, ce qui se fait très facilement en les tenant, avant de les mettre sur les verres, pendant quelques instants au-dessus de la flamme d'une lampe à esprit-de-vin. Avec un appareil à stériliser du genre de celui que nous venons de décrire, on peut stériliser à la fois d'avance toute une provision de verres ; il faut naturellement que l'appareil reste fermé jusqu'au moment où l'on en retire les verres et il faut aussi avoir soin de fermer l'ouverture supérieure qui sert à l'échappement de la vapeur afin d'empêcher la poussière de tomber dans les verres. Lorsqu'on est obligé de les stériliser avec l'acide sulfurique, il faut pratiquer cette opération au moment de s'en servir. Les verres doivent être remplis également, placés dans l'appareil réglé à 37 degrés et examinés après dix ou douze heures. Si l'on a plusieurs échantillons à examiner en même temps, il faut bien se garder de les puiser et de les verser dans les verres avec le même instrument (pot ou cuiller),

car, ainsi, les bactéries d'un lait passeraient dans l'autre. Lorsqu'on envoie des échantillons à un laboratoire, il faut également stériliser les bouteilles de la même manière.

Il arrive parfois que l'examen du lait, pratiqué comme nous venons de l'exposer, fasse constater sa qualité parfaite et que, néanmoins, les fromages fabriqués avec ce lait se boursouflent. Dans ces cas, la cause peut en être : soit la présure employée, soit l'eau employée dans la fromagerie pour laver les ustensiles [1], attendu que la présure et l'eau peuvent, tout comme le lait, avoir été infectées par des microbes nuisibles. Ainsi, Adametz cite un cas survenu dans une fromagerie, dans laquelle seuls les fromages pour lesquels on avait employé une certaine présure se boursouflaient, tandis que ceux fabriqués avec le même lait et de la même façon, mais pour lesquels on s'était servi d'une autre présure, restaient absolument normaux.

[1] Dans beaucoup de fromageries de la Suisse on a aussi l'habitude d'ajouter une certaine quantité d'eau au lait avant d'en faire du fromage; environ 40-80 litres par 1000 litres de lait. La raison de cet usage n'est pas très claire; les fromagers prétendent généralement que, dans certaines localités, le fromage mûrit mal si on ne le fait pas. Est-ce peut-être l'apport d'un certain nombre de bactéries par l'eau qui facilite la maturation? Dans tous les cas on comprend qu'il importe que cette eau soit de bonne qualité.

Dans de tels cas, il faudra également constater si la présure ou l'eau contiennent des bactéries nuisibles, ce qui pourra aussi se faire au moyen du procédé de Walter. On ajoute pour cela à du petit-lait stérilisé ou au moins bien cuit, réparti dans les verres de l'appareil, un peu de la présure ou de l'eau suspectes et on attend le résultat de l'expérience en réglant l'appareil à fermentation, comme toujours, à 37 degrés. Pour déterminer avec plus de précision le degré de contamination, on fait bien d'infecter les verres avec des quantités croissantes, une ou plusieurs gouttes, et jusqu'à quelques centimètres cubes. Si une fermentation notable se produit même dans les verres infectés avec une ou quelques gouttes seulement, la présure ou l'eau doivent être considérées comme suspectes. Lorsque la présure est la cause des fermentations anormales, il faut naturellement la changer ; quand c'est l'eau, il faut rechercher la source de la contamination.

Lorsque le lait se coagule mal sous l'action de la présure, ce qui est attribuable moins à une action bactérienne qu'à la composition chimique du lait, on peut examiner le lait des différents fournisseurs à la fromagerie même avec le lacto-coagulateur du Dr Schaffer, chimiste cantonal à Berne. A cet effet, on chauffe le lait à 35 degrés

au bain-marie[1] et on l'additionne d'une quantité donnée de présure. On constate alors si le lait se coagule au bout d'un temps normal. Pour 100 centimètres cubes de lait on prend 2 centimètres cubes d'une solution de présure faite de 500 centimètres cubes d'eau dans laquelle on a fait dissoudre une tablette de présure de Hansen (petit modèle). Un lait normal doit se coaguler en dix à vingt minutes. Si la coagulation se fait mal ou pas du tout, le lait doit être exclu de la fabrication du fromage.

Lorsqu'on a affaire à du lait filant, il faut rechercher quel est le fournisseur dont le lait présente cette anomalie ; pour cela, on en recueille des échantillons que l'on examine après douze à vingt-quatre heures. Les microbes de cette maladie se trouvent le plus souvent dans l'étable même et infectent le lait pendant la traite. On arrive facilement à le constater en plaçant dans l'écurie des verres remplis de lait sans les couvrir. Quand, au contraire, on place un couvercle sur les verres dans lesquels on a rapidement trait un peu de lait après un nettoyage soigneux du pis de la vache, le lait ne devient pas filant ou le devient très peu, parce

[1] L'appareil en question est en vente chez G. Joho, à Berne, 20, rue de l'Arsenal.

qu'ainsi il n'a pas l'occasion de s'infecter suffisamment. Ce n'est que dans des cas de mastites causées, par exemple, par le *bacillus Guillebeauc* que le lait se montre filant déjà au sortir du pis; la cause en est alors toute trouvée et il devient inutile de recourir au procédé que nous avons indiqué.

Quand on a réussi à déterminer l'étable qui est la source de l'infection microbienne du lait, il faut la *désinfecter*, c'est-à-dire la débarrasser des microbes nuisibles qui s'y sont établis et mettre par cela fin à l'altération du lait. Il existe un grand nombre de substances désinfectantes, mais nous devons exclure ici toutes celles dont le maniement serait peu commode ou dangereux en raison de leurs propriétés toxiques. Les plus recommandables sont le lait de chaux et aussi le soufre que l'on emploie si fréquemment. Chaque désinfection doit être précédée d'un nettoyage soigneux de l'étable. On fait sortir les animaux, on enlève par le grattage toute la saleté adhérente aux parois, au plafond, au plancher et on lave à grande eau avec la brosse. Ce n'est qu'après cela que l'on passe à la désinfection proprement dite. Quand on emploie le soufre, il faut naturellement fermer toutes les ouvertures par lesquelles les vapeurs sulfureuses pourraient s'échapper et coller du papier

sur les joints des fenêtres et sur les fentes. Il est bon de ne pas employer le soufre avec trop de parcimonie. D'après les expériences de Thoinot et d'autres auteurs, il faudrait au moins brûler 50 à 60 grammes de soufre par mètre cube ; cependant, j'ai généralement vu une dose de 10 grammes par mètre cube suffire dans la pratique, quand on a eu soin d'enlever par le grattage et le lavage la plus grande partie des agents infectieux. Le mieux est de brûler le soufre dans une poêle en fer ; on réduit le soufre en bâtons en petits morceaux et on l'allume avec un peu de papier et de bois dans la poêle. Dès que cela est fait, on ferme hermétiquement la porte en collant du papier sur les joints et on attend au moins douze à vingt-quatre heures. Pendant ce temps on nettoie aussi à fond les animaux aux poils desquels adhèrent toujours de nombreux microbes ; il faut surtout nettoyer soigneusement les pieds avec la brosse et l'eau de soude. On n'oubliera pas non plus de nettoyer les vêtements du laitier ainsi que de laver à l'eau bouillante tous les ustensiles qui ont été en contact avec le lait. Après la désinfection on aère bien l'étable.

D'après les expériences de de Giaxa et Cronberg, les parois et les planchers infectés de bactéries peu-

vent être suffisamment débarrassés de leurs germes par le blanchiment au lait de chaux concentré. Seules certaines bactéries très résistantes survivent à ce traitement. Le procédé est très simple. On éteint de la chaux avec un peu d'eau et on mélange à parties égales avec de l'eau (lait de chaux à 50 p. 100). On blanchit les parois, les plafonds et les planchers de l'étable, naturellement après les avoir préalablement nettoyés à fond. Bien que je n'aie pas eu, jusqu'ici, l'occasion d'employer ce moyen de désinfection, il me paraît devoir être recommandé en raison de sa simplicité et de la sécurité qu'il donne.

Dans les fromageries et dans les laiteries ayant de la vapeur à leur disposition on se servira avec avantage de celle-ci, aussi chaude que possible, pour désinfecter les ustensiles, à la place de l'eau bouillante.

Les règles que nous venons d'indiquer suffiront dans la majorité des cas et nous croyons pouvoir, en conséquence, nous borner à ces prescriptions générales. Si, dans un cas particulier, des modifications s'imposaient, il sera facile d'aviser aux mesures nécessaires.

Puisse maintenant ce petit livre contribuer à faire connaître les causes des maladies les plus fréquentes du lait et aider les intéressés à les prévenir et à les combattre.

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE GÉNÉRALE

PARTIE SPÉCIALE

Tours. — Imprimerie Deslis Frères.


Digitized by Google

